

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MADRID

FACULTAD DE MEDICINA

DEPARTAMENTO DE CIRUGÍA



**EVALUACIÓN TOPOGRÁFICA MEDIANTE
ULTRASONIDOS Y NEUROESTIMULACIÓN
DEL PLEXO BRAQUIAL A NIVEL INFRACLAVICULAR
PARASAGITAL. IMPLICACIONES ANESTÉSICAS.**

TESIS DOCTORAL

ENRIQUE MONZÓ ABAD

MADRID 2016

ENRIQUE MONZÓ ABAD

TÍTULO:

**EVALUACIÓN TOPOGRÁFICA MEDIANTE ULTRASONIDOS Y
NEUROESTIMULACIÓN DEL PLEXO BRAQUIAL A NIVEL
INFRACLAVICULAR PARASAGITAL. IMPLICACIONES
ANESTÉSICAS.**

DIRECTOR:

Prof. Dr. D. FERNANDO GILSANZ RODRIGUEZ.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MADRID

Nunca consideres el estudio como una obligación, sino como una oportunidad para penetrar en el bello y maravilloso mundo del saber.

Albert Einstein (1879-1955)

Somos lo que hacemos día a día. De modo que la excelencia no es un acto, sino un hábito.

Aristóteles (384 AC-322 AC)

Dedicatoria:

- *A mi mujer Soledad, por su sacrificio y abnegación, soportando tantas horas de estudio y trabajo, desde los primeros años de la carrera de Medicina.*
- *A mis padres que supieron orientarme por el camino del trabajo, el esfuerzo y la disciplina.*
- *A mis hijos Alberto y Elena.*
- *A mi hermana Nieves.*

Agradecimientos:

- Al Profesor Dr. Fernando Gilsanz Rodríguez, director de esta tesis, por su dedicación, ayuda y estímulo para conseguir este proyecto. Gracias por su espléndida labor en su supervisión y por su calidad humana.
- A mis maestros, a mis compañeros, a mis discípulos, con todos he aprendido mucho y me han estimulado a superarme día a día.
- Al personal de quirófano y de enfermería del Hospital Fremap de Majadahonda-Madrid, por su permanente colaboración y confianza en mi trabajo.
- A D. David Varillas Delgado. Doctor en Bioquímica por la Universidad de Valladolid. Coordinador de Investigación del Hospital FREMAP de Majadahonda. Por su participación en el análisis estadístico de los resultados de esta tesis. Gracias por su permanente disponibilidad para resolver todas mis dudas.
- A aquellos que en su inequívoco abuso de poder, se obstinaron en corresponder mis treinta y cinco años de entrega y compromiso laboral, con hostigamiento e ingratitud, porque me llevaron a buscar otros caminos, en donde encontré un trato humano, afecto y el reconocimiento que ellos me negaron.

ÍNDICE

	Página
Abreviaturas	12
Resumen	14
Abstract	17
1. Introducción	20
1.1. Abordajes del Plexo Braquial	22
1.1.1. Bloqueo Interescalénico	22
1.1.2. Bloqueo Supraclavicular	23
1.1.3. Bloqueo Infraclavicular	24
1.1.4. Bloqueo Axilar	26
2. Formulación del problema	28
3. Anestesia Loco-regional	30
3.1. Recuerdo histórico	30
3.2. Rescate de las técnicas loco-regionales	34
3.3. Avances de relevancia	36
3.4. Localización de los nervios periféricos	37
3.4.1. Parestesias	37
3.4.2. Clic aponeurótico o Pérdida de resistencia	38
3.4.3. Neuroestimulación	38
3.4.4. Estimulación eléctrica percutánea	41
3.4.5. Técnicas visuales	41
3.4.6. Técnica ideal de localización de nervios	42
4. Introducción a los bloqueos nerviosos ecoguiados	44
4.1. Principios físicos	45

4.2. Tipos de imagen	49
4.3. Aplicación de los ultrasonidos en la práctica	52
4.4. Evidencia científica de los Ultrasonidos	55
4.5. Sistemática de trabajo con Ultrasonidos	57
5. Bloqueos nerviosos recuperados con los Ultrasonidos	64
5.1. Medioclavicular o Proximal o Costoclavicular	66
5.2. Parasagital o Coracoidea o Distal	68
6. Hipótesis y Objetivos	71
7. Material y métodos	73
8. Resultados	86
8.1. Descriptivos	86
8.1.1. Datos antropométricos	87
8.1.2. Profundidad de los cordones	87
8.1.3. Visualización de los cordones con Ultrasonidos	88
8.1.4. Respuestas a la neuroestimulación	89
8.1.5. Anestésico local utilizado	89
8.1.6. Eficacia de la técnica	91
8.1.7. Aplicaciones quirúrgicas	91
8.1.8. Tiempos quirúrgicos	93
8.1.9. Reversión del bloqueo	93
8.2. Comparativos	94
8.2.1. Posición de los cordones	94
8.2.2. Patrones topográficos	98
8.2.3. Representación gráfica de los patrones	102
8.2.4. Profundidad de los cordones e IMC	104

8.2.5.	Relación volumen de anestésico con fallo técnica	106
8.2.6.	Duración del bloqueo anestésico	107
8.2.7.	Anestésico local y reversión del bloqueo	108
9.	Discusión	110
9.1.	Cartografía del plexo braquial infraclavicular	111
9.2.	Relación Profundidad cordones e IMC	118
9.3.	Identificación de los cordones	121
9.4.	Volumen de anestésico local	124
9.5.	Eficacia de la técnica	134
10.	Complicaciones	139
11.	Limitaciones del estudio	147
12.	Conclusiones	149
13.	Bibliografía	150
14.	Anexo	176
14.1.	Certificado Comité Ético	
14.2.	Consentimiento informado	
14.3.	Hoja de recogida de datos	

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES Y TABLAS

	Página
Figura 1. Esquema del plexo braquial izquierdo	22
Figura 2. Preparación de los cordones y ramos terminales del PB	25
Figura 3. Principios físicos del haz de ultrasonidos	49
Figura 4. Apariencia ultrasónica de los nervios	51
Figura 5. Material de punción para bloqueos ecoguiados.	63
Figura 6. Imagen ecográfica del plexo braquial (medioclavicular)	67
Figura 7. Abordaje medioclavicular. Punción “en plano”	68
Figura 8. Abordaje medioclavicular. Punción “fuera de plano”	68
Figura 9. Abordaje infraclavicular parasagital. Punción “en plano”.	70
Figura 10. Imagen sonográfica del signo de la “doble burbuja”.	70
Figura 11. Posición inicial de la sonda	75
Figura 12. Inclinação sonda para localizar la apófisis coracoides	75
Figura 13. Imagen sonográfica de la apófisis coracoides	76
Figura 14. Sonograma del abordaje infraclavicular parasagital.	76
Figura 15. Esquema anatómico infraclavicular parasagital	78
Figura 16. Imagen ecográfica de los cordones	78
Figura 17. Gráfico para posicionar los cordones	79
Figura 18. Medición de la profundidad de los cordones	79
Figura 19. Punción “en plano” de rostral a caudal	81
Figura 20. Inyección de la solución anestésica	85
Figura 21. Sonograma con los cordones rodeados de anestésico	85
Figura 22. Volumen anestésico utilizado en el estudio.	90
Figura 23. Disposición del cordón lateral	94

Figura 24. Disposición del cordón posterior derecho.	95
Figura 25. Disposición del cordón posterior izquierdo	96
Figura 26. Disposición del cordón medial derecho	97
Figura 27. Disposición del cordón medial izquierdo	98
Figura 28. Gráfico sectorial de los patrones	100
Figura 29. Gráfico de frecuencias de los patrones	101
Figura 30: Esquema del patrón clásico	102
Figura 31: Esquema del patrón semirrotado	102
Figura 32: Esquema del patrón atípico	103
Figura 33: Esquema del patrón apilado	103
Figura 34: Esquema del patrón opuesto	104
Figura 35: Conjunto de los diferentes patrones topográficos	117
Figura 36: Corte infraclavicular. Espacio toracoescapular	138
Figura 37: Haz de US dirigido	142
Figura 38: Imagen sonográfica con haz dirigido	142
Tabla I. Casuística. Distribución por sexos	86
Tabla II. Datos antropométricos de los pacientes	87
Tabla III. Profundidad de los cordones en la muestra	88
Tabla IV. Cordones visualizados con US en ventana única	88
Tabla V. Respuestas motoras a la neuroestimulación	89
Tabla VI. Volúmenes de anestésico utilizado.	90

Tabla VII. Descriptiva del volumen de anestésico utilizado	91
Tabla VIII. Eficacia de la técnica	91
Tabla IX. Intervenciones efectuadas según localización anatómica	92
Tabla X. Frecuencias de posición del cordón lateral.	94
Tabla XI. Frecuencias de posición del cordón posterior	95
Tabla XII. Frecuencias de posición del cordón posterior derecho	95
Tabla XIII. Frecuencias de posición del cordón posterior izquierdo.	96
Tabla XIV. Frecuencias de posición del cordón medial.	96
Tabla XV. Frecuencias de posición del cordón medial derecho	97
Tabla XVI. Frecuencias de posición del cordón medial izquierdo.	98
Tabla XVII. Distribución de los patrones por frecuencias	100
Tabla XVIII. Frecuencia de patrones según la lateralidad	101
Tabla XIX. Relación profundidad cordones e IMC	105
Tabla XX. Relación volumen anestésico y casos fallidos	106
Tabla XXI. Relación volumen AL inyectado y duración bloqueo	107
Tabla XXII. Relación tipo de anestésico y reversión bloqueo	108

Abreviaturas

AG= Anestesia General

AL= Anestésico Local

ALR= Anestesia Locorregional

BA= Bloqueo Axilar

BIE: Bloqueo Interescalénico

BIC= Bloqueo Infraclavicular

BICPS= Bloqueo Infraclavicular Parasagital

BNP= Bloqueo de nervios periféricos

BSC= Bloqueo Supraclavicular

CL= Cordón o fascículo lateral

CP= Cordón o fascículo posterior

CM= Cordón o fascículo medial

CVF= Capacidad Vital Forzada

ED= Dosis eficaz

ENP= Estimulador de nervios periféricos

ERC= Estudios randomizados controlados

Hz= Hercios

IMC= Índice de masa corporal

m= metros

mA= miliamperios

min= minutos

Na⁺= sodio

ng= nanogramos

ms= milisegundos

NS= Neuroestimulación

PB= Plexo Braquial

RNM= Resonancia nuclear magnética

SD= Desviación estándar

TC: Tomografía computerizada

TCI= Target controlled infusión (Infusión objetivo controlada)

TSAL= Toxicidad Sistémica por Anestésicos Locales

US= Ultrasonidos

US/NS= Ultrasonidos asociados a neuroestimulación

VME= Volumen Mínimo Eficaz

Resumen:

Título: Evaluación topográfica mediante ultrasonidos y neuroestimulación, del plexo braquial, abordaje infraclavicular parasagital. Implicaciones anestésicas.

Introducción: El bloqueo infraclavicular parasagital ha sido uno de los abordajes que han resurgido con la incorporación de los ultrasonidos como método de localización de nervios periféricos. La inyección de la solución anestésica se realiza habitualmente en la parte dorsal de la arteria con un volumen entre 30 y 60 ml, presuponiendo una difusión de forma ascendente que incluya a los tres cordones. Sin embargo las variaciones anatómicas del plexo braquial no son infrecuentes. Estas, pueden justificar en ocasiones, resultados incompletos e ineficaces, a pesar de utilizar altas dosis de anestésico local, con la consiguiente exposición al riesgo de toxicidad sistémica por sobredosis.

Objetivo: Identificar la posición de los tres cordones con respecto a la arteria axilar mediante ultrasonidos asociado a neuroestimulación, y establecer un mapa topográfico con los distintos patrones encontrados. Realizar una infiltración selectiva de cada cordón, que permita reducir las dosis de anestésico local necesario, sin menoscabar la eficacia del bloqueo.

Material y Métodos: Estudio observacional prospectivo en pacientes programados y de urgencia, en los que se realizó un procedimiento quirúrgico del miembro superior, con exclusión del hombro. Con aguja de plexo 85mmx22G conectada a neuroestimulador se realizó la punción “en plano” de

rostral a caudal bajo visión directa. Tras contactar con cada cordón se accionó el neuroestimulador, identificando las correspondientes respuestas motoras. Se anotó la posición de cada cordón con respecto a la arteria axilar y la profundidad con respecto a la piel. La infiltración fue realizada de forma selectiva, rodeando los cordones con un halo de anestésico local, utilizando un volumen máximo total de 20ml. Se etiquetó el patrón topográfico encontrado y se valoraron el volumen de anestésico inyectado, la eficacia anestésica, la duración del bloqueo anestésico y solicitud de primera analgesia.

Resultados: Se incluyen en el estudio 250 pacientes de accidentes laborales. La visualización de los tres cordones en una misma ventana ecográfica se consiguió en 58 casos (23,2%); en 181 casos (72,4%) se detectaron dos cordones y en 11 casos (4,4%) solo uno. La profundidad a la que se encontraron con respecto a la piel fue: el cordón lateral a 2,55 mm ($\pm 0,365$ mm); el cordón posterior a 3,38 mm ($\pm 0,463$ mm) y el cordón medial a 3,12 mm ($\pm 0,448$ mm). Hubo una relación significativa del IMC, con la profundidad del cordón lateral $p=0,003$ y con el posterior $p=0,007$. No hubo relación proporcional para el cordón medial. Las respuestas motoras específicas identificaron, el cordón lateral en 239 casos (95,6%); el cordón posterior en 217 casos (86,8%) y el cordón medial en 174 casos (69,6%). A tenor de la su disposición alrededor de la arteria axilar, se establecieron cinco patrones topográficos, patrón “clásico” (59,6% casos); patrón “semirrotado” (27,2% casos), patrón “atípico” (6,1% casos); patrón “apilado” (5,7% casos); y patrón “opuesto” (1,6% casos). El volumen medio de anestésico local administrado fue de 15,63 ml ($\pm 3,99$ ml), rango (20ml - 6 ml). La eficacia anestésica fue

conseguida en el 96,8% de los casos. En 8 pacientes (3,2%) el bloqueo se consideró fallido. La duración media del bloqueo anestésico fue 248,09 min ($\pm 61,884$ min) el motor y 228,76 min ($\pm 54,047$ min) el sensitivo. La solicitud de analgesia por el paciente tuvo una media de 289,81 min ($\pm 118,526$ min). No se detectaron complicaciones durante la ejecución de la técnica ni en el postoperatorio inmediato.

Conclusión: Los cordones del plexo braquial a nivel infraclavicular no siempre mantienen la misma disposición alrededor de la arteria axilar. Identificamos cinco patrones topográficos distintos. Existe una relación proporcional entre la profundidad de los cordones lateral y posterior con el índice de masa corporal. Considerar ambas premisas, ayudará a planificar el abordaje, con lo que serán evitables múltiples pases de la aguja. Se reducirán las molestias para el paciente y disminuirá el riesgo de potenciales complicaciones, punción vascular, neural o pleural. La infiltración selectiva de cada cordón, es mas predictivo de bloqueo exitoso y permite reducir el volumen total de anestésico local necesario.

Palabras clave: Anestesia locorregional. Bloqueo Nervioso Periférico. Plexo Braquial. Bloqueo Infraclavicular. Ultrasonidos. Neuroestimulación.

Abstract:

Title: Topographic evaluation by ultrasound and neurostimulation methods of the parasagittal infraclavicular brachial plexus. Anaesthetic implications.

Introduction: The infraclavicular parasagittal block has been one of the approaches that have resurfaced with the incorporation of the ultrasounds as a method of location of peripheral nerves. The injection of the local anesthetic is performed usually dorsal to the artery with a volume between 30 and 60 ml, assuming a broadcasting of form ascending that include to them three cords. However the anatomical variations of the brachial plexus are not uncommon. These may justify sometimes incomplete and ineffective results, despite using high doses of local anesthetic, with consequent exposure to the risk of systemic toxicity from overdose.

Objective: Identify the position of the three cords with respect to the axillary artery associated with neurostimulation ultrasonically, and establish a topographic map with different patterns found. Perform a selective infiltration of each cord, allowing to reduce the doses of local anaesthetic necessary, without undermining the effectiveness of the blockade

Material and methods: A prospective observational study in programmed and emergency patients, in which a surgical procedure of the upper limb was performed, excluding the shoulder. With an 85mmx22G plexus needle connected to a neurostimulator, the "flat" puncture was performed from rostral

to caudal under direct vision. After contact with each cord, the neurostimulator was activated, identifying the corresponding motor responses. The position of each cord was recorded with respect to the axillary artery and the depth with respect to the skin. The infiltration was performed selectively, surrounding the cords with a halo of local anesthetic, using a total maximum volume of 20ml. The topographic pattern found was labeled and the volume of injected anesthetic, anesthetic efficacy, duration of anesthetic block and the requirement of first analgesia by the patient

Results: Included in the study are 250 occupational accident patients. The visualization of the three cords in the same echographic window was achieved in 58 cases (23.2%); In 181 cases (72.4%) two cords were detected and in only 11 cases (4.4%). The depth at which they were found with respect to the skin was: the lateral cord at 2,55 mm ($\pm 0,365$ mm); The posterior cord at 3.38 mm (± 0.463 mm) and the medial cord at 3.12 mm (± 0.448 mm). There was a significant correlation of BMI, with lateral cord depth $p = 0.003$ and with posterior $p = 0.007$. There was no proportional relationship for the medial cord. Specific motor responses identified the lateral cord in 239 cases (95.6%); The posterior cord in 217 cases (86.8%) and the medial cord in 174 cases (69.6%). According to their arrangement around the axillary artery, five topographic patterns were established, "classic" pattern (59.6% cases); "Semi-rigid" pattern (27.2% cases), "atypical" pattern (6.1% cases); "Stacked" pattern (5.7% cases); And "opposite" pattern (1.6% cases). The mean volume of local anesthetic administered was 15.63 ml (± 3.99 ml), range (20 ml - 6 ml). Anesthetic efficacy was achieved in 96.8% of the cases. In 8 patients (3.2%) the blockade was

considered unsuccessful. The mean duration of the anesthetic block was 248.09 min (\pm 61.884 min) the motor and 228.76 min (\pm 54.047 min) the sensory. The request for analgesia by the patient had an average of 289.81 min (\pm 118.526 min). No complications were detected during the execution of the technique or in the immediate postoperative period.

Conclusion: The infraclavicular brachial plexus cords do not always maintain the same arrangement around the axillary artery. We identified five distinct topographical patterns. There is a proportional relationship between the depth of the lateral and posterior cords with the body mass index. Considering both of these premises will help to plan the approach, thus avoiding multiple needle passes. They will reduce discomfort for the patient and reduce the risk of potential complications, vascular, neural or pleural puncture. The selective infiltration of each cord is more predictive of successful blockade and allows to reduce the total volume of local anesthetic required.

Key words: locoregional anesthesia. Peripheral nerve block. Brachial plexus. Ultrasound. Neurostimulation. Infraclavicular block.

1. INTRODUCCIÓN

El bloqueo del plexo braquial (PB) mediante la inyección de un anestésico local (AL), es una técnica anestésica muy extendida para procedimientos quirúrgicos y analgésicos del miembro superior. Puede ser realizado en inyección única o de forma continua, mediante la inserción de un catéter o cánula en la proximidad del nervio, por donde se administran reinyecciones o una perfusión continua de AL. El bloqueo continuo se suele utilizar en intervenciones de larga duración, en el contexto de la analgesia multimodal postoperatoria, en los reimplantes para mejorar la microcirculación, en rehabilitación para facilitar las maniobras de movilidad y en el tratamiento del dolor crónico.

Estructuralmente el PB está constituido, por la unión de los ramos anteriores o ventrales de los nervios cervicales C_V - C_{VIII} y la mayor parte del primer nervio torácico T_I (Figura 1). Las raíces emergen por los agujeros de conjunción de las respectivas vértebras cervicales desde C_5 a T_1 , para introducirse en el surco interescalénico, atravesar la angostura costoclavicular o canal cervico-axilar¹, y dirigirse a la axila donde dan los nervios terminales. En todo este trayecto la disposición mas común del PB es como sigue²: la raíz C_V y C_{VI} se unen formando el tronco superior; la raíz C_{VIII} y T_I se juntan formando el tronco inferior y la raíz C_{VII} se convierte en el tronco medio. Los tres troncos se inclinan lateralmente y justo por encima o detrás de la clavícula, cada uno de ellos se bifurca en dos componentes uno anterior y otro posterior. Constituyen de esta forma un

conjunto de 6 u 8 elementos denominados divisiones. Estas, se reagrupan nuevamente para formar tres elementos neurales:

- a) **Cordón o fascículo lateral.** Formado por la fusión de las divisiones anteriores del tronco superior y medio. Se sitúa lateral a la arteria axilar.
- b) **Cordón o fascículo medial.** Formado por la división anterior del tronco inferior. Desciende inicialmente por detrás de la arteria axilar y después medial a ella. A menudo recibe una rama de C_{VII}.
- c) **Cordón o fascículo posterior.** Formado por las divisiones posteriores de los tres troncos primarios. Se coloca primero encima de la arteria y después lo hace por debajo. La división posterior del tronco inferior es mucho mas pequeña que las otras y frecuentemente deriva del ramo C_{VIII} antes que se forme el tronco, contiene pocas o ninguna fibras de T_I.

A nivel del borde lateral del músculo pectoral menor, emergen los nervios terminales del PB: el axilar o circunflejo, el mediano, el musculocutáneo, el radial y el cubital. Todos, excepto el circunflejo, alcanzan el hueco axilar, para desde aquí distribuirse por el brazo, antebrazo y mano. El componente circunflejo va destinado al hombro, pasa entre el deltoides y el húmero, rodeando el cuello de éste junto a la arteria circunfleja posterior. Inerva al músculo deltoides.

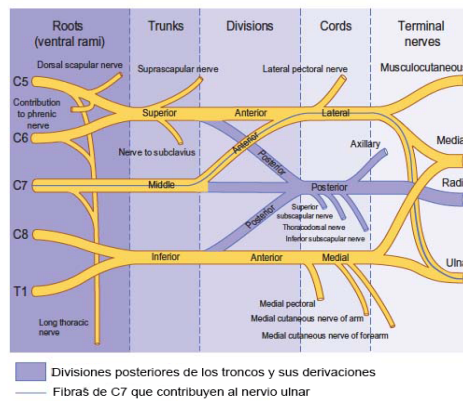


Figura 1. Esquema del plexo braquial izquierdo (Adaptado de Drake, Vogl & Mitchell 2005).²

1.1. ABORDAJES DEL PB

El PB puede ser abordado a cualquier nivel de su trayecto, desde lo mas proximal, a nivel de los troncos primarios, hasta lo mas distal en el hueco axilar.

1.1.1. BLOQUEO INTERESCALÉNICO (BIE)

Es el acceso más proximal del PB. La inyección se efectúa a nivel de los troncos primarios, cuando estos se encuentran en el surco interescalénico formado por los músculos escaleno anterior y escaleno medio. Fue descrita por Winnie AP³ en 1970. Aunque teóricamente consigue la interrupción de la conducción de los tres troncos (superior, medio e inferior), en la práctica solo puede asegurarse la de los dos primeros. El tronco inferior difícilmente resulta afectado especialmente el componente T₁. Su disposición posterior a la primera costilla y el obstáculo estático y dinámico que le impone la arteria subclavia, son dos condicionantes

infranqueables. El mayor inconveniente de este abordaje es la parálisis asociada del hemidiafragma ipsilateral, observada en el 100% de los casos ⁴. Se cree es consecuencia de la proximidad del nervio frénico a la raíz C_V, aunque también pudiera ocurrir por la difusión rostral del AL, alcanzando directamente a la raíz C_{IV} de donde sale este nervio. Provoca una reducción de la capacidad vital forzada (CVF) del 25%, que suele ser asintomática en el paciente sin patología pulmonar subyacente. La proximidad de los agujeros de conjunción puede facilitar la extensión del AL al espacio intratecal e inducir una anestesia neuroaxial accidental ^{5,6}. Se han descrito lesiones medulares por lesión directa de la aguja ⁷, o la penetración intratecal inadvertida de un catéter con resultado catastrófico ⁸.

1.1.2. BLOQUEO SUPRACLAVICULAR (BSC)

Fue el primer método percutáneo conocido de bloqueo del PB, obra de Kulenkampff ⁹ en 1912. La inyección del AL se realiza a nivel de las divisiones. Estas ocupan la fosa supraclavicular y se emplazan lateral a la arteria subclavia. La agrupación o racimo de nervios y la arteria, están cercadas por una fascia compacta, que es necesario atravesar para que el AL ejerza su efecto. Se considera quizás la parte del plexo anatómicamente más favorable, para un bloqueo completo del plexo braquial con inyección única ¹⁰. No obstante a veces no es factible incluir a las

divisiones que proceden de T_I e incluso de C_{VIII}, por su situación intratorácica y/o posterior a la arteria subclavia. Una de las ventajas que se le atribuye a este acceso es la menor presencia de parálisis diafragmática, estimada entre el 50%-70% ^{11,12}, sin repercutir en la CVF ¹¹. Se piensa es debido a la mayor distancia que existe a este nivel entre el PB y el nervio frénico. En tanto que su proximidad con la cúpula pleural aumenta el riesgo de punción accidental y el consiguiente neumotórax. Incidencia que se encuentra entre el 0.6% y el 6,1% de los casos ^{13,14}. La solución anestésica también puede alcanzar al ganglio estrellado (fusión del ganglio cervical inferior y el primer ganglio torácico) derivando en un síndrome de Bernard Horner. En 1964 Winnie y Collins ¹⁵, describieron un acceso modificado al que denominaron “*perivascular subclavia*”, en un intento de alejarse de la cúpula pleural. Pronto fue eclipsado por el BIE.

1.1.3. BLOQUEO INFRACLAVICULAR (BIC)

Abordaje utilizado para la anestesia regional del antebrazo y muñeca, descrito por Labat ¹⁶ en 1922. Una técnica transpectoral fue publicada por Spiegel P ¹⁷ en 1967, pero presentaba un elevado riesgo de penetración en la cavidad torácica. El PB a este nivel se ha reagrupado en tres cordones o cordones (lateral, medial y posterior) que inicialmente se mantienen en la misma disposición que las divisiones a nivel supraclavicular, es decir

lateral a la arteria que ahora se denomina axilar (primera porción).
 Unos centímetros mas abajo los cordones rotan en sentido anti-
 horario y se sitúan alrededor de la arteria en su segunda porción
 (Figura 2).

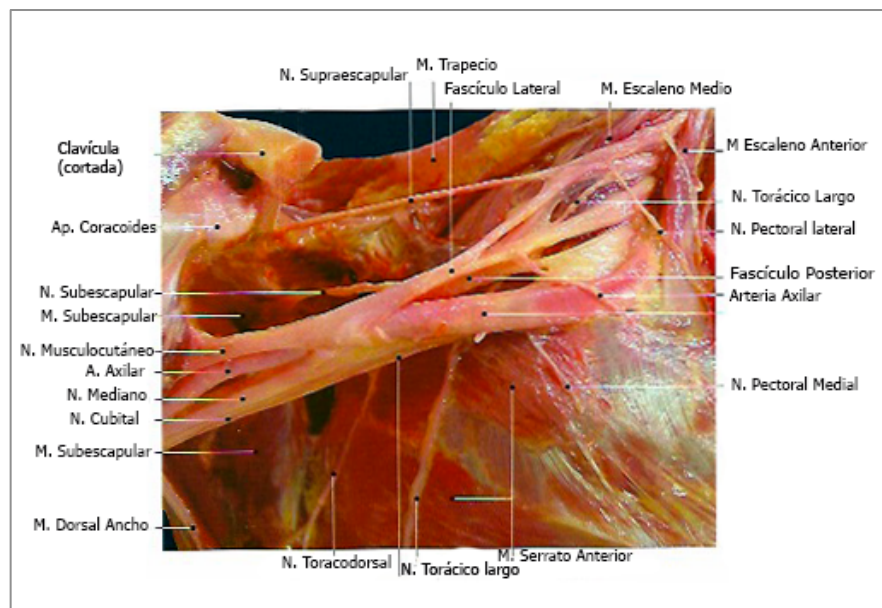


Figura 2. Preparación de los cordones y los ramos terminales del PB ¹⁸

Proporcionaba un bloqueo más uniforme del miembro superior con la excepción del hombro. Numerosas modificaciones a la técnica de Labat fueron propuestas con posterioridad, intentando mejorar los resultados y reducir las complicaciones ^{19,20,21}. Casi todas utilizaban la apófisis coracoides como referencia básica, por la seguridad que proporciona su distancia al ápex pulmonar. Tras demostrar Winnie AP et al ²² en 1979, que la técnica infraclavicular de Raj PP et al ¹⁹, comparada con la vía axilar

perivascular no aportaba ningún beneficio ni mayor extensión al bloqueo, pero si mayores riesgos, el BIC fue completamente desplazado por el bloqueo axilar, tanto en Europa como en los Estados Unidos.

En 2001 Borgeat A y cols ²³, propusieron una modificación posicional del brazo, colocándolo en abducción de 90° y elevación de 30°, que tampoco representó mayor beneficio. Un abordaje lateral sagital fue descrito por Kapral S et al ²⁴ en 1999, que mas tarde fue ratificado con resonancia nuclear magnética (RNM) por Klaastad O et al, ²⁵ en 2004. Este ha sido el mas utilizado hasta la actualidad y la alternativa a la punción vertical de Kilka HG et al ²⁶, a la que se le había confinado buenas expectativas, hasta que se constataron serias complicaciones ²⁷.

La ventaja específica de este abordaje coracoideo era el menor riesgo de neumotórax que con el supraclavicular ¹⁰, cuya incidencia con cualquiera de los métodos clásicos de localización de nervios, estaba entre el 0.2-0.7% ²⁷. Además, no afectaba al nervio frénico, muy raramente al ganglio estrellado y tampoco alcanzaba a estructuras del neuroeje.

1.1.4. BLOQUEO AXILAR (BA)

Sencillo y fácil de realizar, por lo superficial que se encuentra el plexo a este nivel y por ofrecer una referencia diana identificable a

la palpación, la arteria axilar, a cuyo alrededor se sitúan las ramas terminales del PB con la excepción del nervio axilar o circunflejo.

El primero en realizar un BA bajo visión directa, inyectando cocaína, fue Halested W en 1884 ²⁸. Hirschel G ²⁹ en 1911 lo llevó a cabo de forma percutánea. Fue a partir de las publicaciones de Burnham PJ ³⁰ en 1959 cuando el bloqueo gano en popularidad. Establece el concepto de “*anestesia perivascular*” y valora la peculiar sensación al atravesar la fascia con la aguja, que define como el “*clic aponeurótico*”. A partir de entonces se convierte en el bloqueo de nervios periféricos mas utilizado para cirugía de antebrazo y mano, especialmente debido a la baja incidencia de complicaciones comparado con los accesos mas proximales del PB ³¹.

La ejecución de la técnica exige la exposición de la axila, con el brazo en abducción y el hombro en flexión, lo que no siempre es posible debido a limitaciones musculares o articulares. El nervio axilar o circunflejo no resulta incluido con este abordaje, ya que abandona la fascia muy precozmente y no alcanza la axila.

2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Hasta hace unos años todos estos bloqueos anestésicos se realizaban con la ayuda de un estimulador de nervios periféricos (ENP). En la actualidad con la incorporación de los ultrasonidos (US) como métodos de localización nerviosa, se consigue la identificación visual en tiempo real, tanto de las estructuras nerviosas como de las de vecindad, sonoanatomía. Es factible igualmente controlar el paso de la aguja y aproximar la punta al nervio objetivo, para infiltrarle de forma controlada hasta envolverle en un halo de AL.

De todos los abordajes expuestos, el infraclavicular resulta una excelente opción para cualquier procedimiento del miembro superior, desde la porción mediohumeral hasta los dedos, quedando solo excluida la región del hombro. Muy apropiada su indicación en el caso de fracturas, al no requerir la movilización del miembro para la ejecución de la técnica. También en pacientes con patología previa o concomitante del hombro (lesión del manguito de los rotadores, desinserción del rodete glenoideo, rigidez articular, síndrome de compresión subacromial, etc.) en los que suele haber dificultades para el acceso al hueco axilar. O en el caso de infecciones bacterianas o micóticas asentadas en la región de la axila.

El bloqueo infraclavicular parasagital (BICPS), ha sido uno de los abordajes que han resurgido con la incorporación de los US a los BNP. La inyección de la solución anestésica se propone efectuarla en la parte dorsal de la arteria, con un volumen entre 30 y 60 ml, buscando una difusión de forma

ascendente que incluya a los tres cordones. No obstante, las variaciones anatómicas del PB tanto a nivel de las raíces, troncos, divisiones y cordones no son infrecuentes^{32,33}, y puede ocurrir que a pesar de estas altas dosis de AL, que a veces sobrepasan las máximas permitidas, el bloqueo resulte incompleto.

Concretamente a nivel infraclavicular los tres componentes pueden ocupar posiciones diferentes con respecto a la arteria, lo que puede condicionar el lugar idóneo de depósito del AL, crear dudas de una difusión eficiente y ambas del resultado de la técnica. Disponer de unos patrones topográficos predeterminados y la aplicación de ultrasonidos asociado a la neuroestimulación (US/NS), ayudará en buena medida a conseguir un bloqueo selectivo mas seguro y de resultado mas predecible.

3. ANESTESIA LOCO-REGIONAL (ALR)

3.1. **RECUERDO HISTÓRICO** ^{34, 35, 36}

El bloqueo periférico de los nervios del miembro superior e inferior, es un método anestésico perfectamente conocido y eficaz para múltiples procedimientos quirúrgicos. Las anestесias periféricas locales o regionales, tienen su origen en la idea de Lafargue GV en 1836, quien introducía morfina debajo de la piel mediante una incisión con lanceta para actuar contra el dolor. En 1845 Rynd F, implantó por gravedad y a través de una cánula, una solución de morfina en la proximidad de un nervio periférico, para aliviar el dolor neurálgico. La inyección no fue posible hasta 1853, cuando Wood inventó la aguja hipodérmica y en el mismo año Pravaz la jeringuilla. En 1859 Albert Niemann aisló el alcaloide de las hojas de coca al que llamó cocaína, y a partir de 1880 se puso de moda en medicina como desintoxicante del opio, de la morfina y del alcohol. Sigmund Freud se interesó por ella, y en 1884 publica un artículo “*Über Coca*” donde la ensalza y afirma que no crea hábito y es menos dañina que el alcohol. Lo recomienda como analéptico, contra los trastornos gástricos, contra el asma y como afrodisíaco. Sin embargo, no prestó importancia al efecto anestésico que el mismo experimentó, tras aplicarse pinceladas de cocaína para combatir unos fuertes dolores gingivales que padecía. Lo consideró como un efecto secundario.

Carl Köller si tomó nota de la experiencia y realizó instilaciones de cocaína al 25% en el ojo de la rana “*toro*”, en conejos y en perros. El 11 de

septiembre de 1883 realizó una operación de cataratas con cocainización. Un año mas tarde, el 15 de Septiembre de 1884, en un congreso de Oftalmología en Heidelberg, se presentó su ponencia, que fue todo un éxito. La noticia llegó a Nueva York, a través de una carta al New York Medical Report escrita por Noyes HD, que impresionó a Halsted WS, quien junto con Hall RJ y Hartley F, experimentaron en si mismos, inyectándose por vía intra y subcutánea cocaína al 5%. En poco tiempo los tres se hicieron adictos ³⁷. En noviembre del mismo año, Halsted descubre la anestesia troncular mediante la inyección de cocaína en la Espina de Spix, para un procedimiento dental. Fueron Halsted W y Hall RJ, quienes vislumbraron con mas clarividencia las grandes posibilidades de los bloqueos con anestesia local ³⁸. Halsted fue el primero en realizar un BA bajo visión directa inyectando cocaína ²⁸ y posteriormente Hirschel G, lo consiguió de forma percutánea ²⁹.

El término *“bloqueo de conducción”* fue introducido por Francois-Franck CA ³⁹, posiblemente inspirado por Corning JL, quien ya había adelantado la idea de producir anestesia, por abolición de la conducción de los nervios sensitivos. Posteriormente comprobó que el efecto del fármaco bloqueador, no solo se limitaba a fibras puramente sensitivas, sino que también paralizaba los nervios motores. La anestesia sensitiva, se manifestaba con mayor rapidez que la motora. Definió la acción de la cocaína como una *“interrupción fisiológica”*, transitoria y no lesionante.

El inicio triunfal de la anestesia local pronto quedó interrumpido, por los graves síntomas de envenenamiento e incluso por un gran número de muertes achacados a la cocaína. Paul Reclus cirujano parisiense, fue el

artífice de superar esta grave crisis de la anestesia local. Analizó 30 casos de las muertes ocurridas y aseguró que solo 9 habían sido por la cocaína y de ellas 6 lo fueron por sobredosis. Desde entonces la utilizó a concentraciones del 2 y 3%, y mas tarde al 0.5%. El efecto anestésico aparecía más lentamente, pero se conseguía la insensibilidad buscada. Publicó su experiencia de 7.000 casos de anestésias locales⁴⁰, que fue decisiva para la salvación de la ALR.

La idea de una interrupción de la conducción de un haz nervioso tuvo su perfeccionamiento en la raquianestesia. Corning JL⁴¹ en 1895, realizó inyecciones de cocaína al 2% en la columna lumbar a un perro y en humanos, pero no demostró su método y sostuvo conceptos equívocos como inyectar soluciones de cocaína sin probar antes la salida del liquido cefalorraquideo³⁵.

En 1898 August Bier⁴², realiza la primera anestesia intradural con fines quirúrgicos⁴³, siguiendo el método descrito por Quincke en 1891. Sin embargo, la popularidad de la técnica fue limitada, por la frecuente aparición de efectos neurológicos colaterales consecuentes a la cocaína. En 1905 Heinrich Braun, introduce el uso de los anestésicos locales, siendo el primero la procaína con lo que la anestesia espinal inició una amplia etapa de desarrollo, perfección y popularidad. Años mas tarde acuñó el término de *“anestesia de conducción”* en su tratado de ALR en el que realizó descripciones detalladas de cada bloqueo⁴⁴.

Se consigue a principios del siglo XX una fase de esplendor de la ALR, que llega a imponerse sin ningún esfuerzo ante los riesgos de la anestesia general (AG)⁴⁵.

La “*anestesia metamérica*” fue idea de Fidel Pagés en 1921, cirujano español del Hospital General de Madrid. Pública su artículo en la Revista de Sanidad Militar con 43 operaciones llevadas a cabo utilizando este método ^{46,47}. Muere en accidente de tráfico y su trabajo pronto fue olvidado, entre otras razones por no ser traducido al inglés. Diez años más tarde, Dogliotti la reintroduce con la denominación “*anestesia epidural*”, la había descubierto independientemente y así se le reconoció. En realidad el método se mostraba como un refinamiento de la raquianestesia, pero de ejecución más difícil. Inicialmente tuvo pocos seguidores. Con el tiempo, una revista argentina reivindicó la autoría de la técnica en favor de Pages, lo cual fue aceptado por el mismo Dogliotti.

A mediados de los 40, cuando la anestesia intradural había alcanzado su cénit de popularidad y ya la anestesia loco-regional competía firmemente con la anestesia general, comienza una fase de rechazo debido a la detección de efectos neurológicos colaterales (temblores, hiperreflexia, cefaleas, espasmos musculares, etc.) y sobre todo a repercusiones legales que se difundieron particularmente en el Reino Unido. Un hecho determinante fue también, la aparición de los modernos fármacos inhalatorios halogenados, los barbitúricos y los relajantes musculares. El desarrollo de la Anestesiología con carácter de especialidad en Francia, después de la II Guerra Mundial, marca un cambio de tendencias en favor de técnicas de mayor contenido científico, como puede entenderse la AG con intubación endotraqueal. La explosión farmacológica entre los años 1945 al 1965, desplazó a la anestesia intradural como una técnica innecesaria, inadecuada, tediosa e insegura ⁴⁸. Si a esto añadimos la

introducción de la neuroleptoanalgesia y la anestesia disociativa como métodos de desconexión cortical, además de su potente efecto analgésico, se comprenderá el lugar donde quedó relegada la ALR, técnica de países subdesarrollados o en situaciones de catástrofes, con carencia de medios y de especialistas.

3.2. RESCATE DE LAS TÉCNICAS LOCO-REGIONALES

Es a partir de 1965 cuando la anestesia intradural empieza a recuperarse, tras los impecables estudios epidemiológicos de Drips y Vandam que demostraron, que la intradural administrada de forma apropiada, era una técnica neurológicamente segura ⁴⁹. Ya estaban disponibles para uso clínico desde 1949 los anestésicos locales de tipo amida y existía la evidencia de que la AG, también tenía sus riesgos y complicaciones, basados en el controvertido concepto de la hepatitis post-exposición al halotano ^{50,51}.

En nuestro país, muy pocas técnicas regionales se practicaban por entonces, la anestesia regional intravenosa descrita por Bier ⁵² en 1908, y la regional intraarterial, idea del cirujano español Goyanes Capdevila ⁵³. A finales de los 70 y comienzos de los 80 inquietudes personales aisladas, mas enfocadas al tratamiento del dolor y al trabajo del parto, retoman la anestesia epidural, extendiéndola a otros procedimientos quirúrgicos. El impulso del BA con la técnica perivascular de Winnie ⁵⁴, fue obra de Vidal F ⁵⁵.

La anestesia subaracnoidea, espinal o raquídea, apenas se practicaba y se utilizaban agujas de grueso calibre, que predisponían a una elevada incidencia de cefalea post-punción, con el consiguiente rechazo y desprestigio de la técnica. Es a partir de 1988 cuando se comercializan agujas mas finas de 25G y 26G, y la anestesia intradural, rápidamente se impone a la epidural por su sencillez, fiabilidad y reducidas dosis de AL.

El BIE de Winnie y Collins ³, no se prodiga hasta los años 90. Imponía cautela la punción en la región cervical y estremecían sus potenciales complicaciones. En 1998 se introduce en la práctica el bloqueo paraescalénico del PB, descrito por Vongvises P y Panijayanond T ⁵⁶ que había pasado totalmente desapercibido. La trayectoria de la punción alejándose del neuroeje y la posibilidad de insertar un catéter en el espacio interescalénico, para analgesia postoperatoria de conducción, tuvieron gran influencia en su aceptación y difusión ⁵⁷.

Las tendencias actuales en ALR, se inclinan hacia los bloqueos de nervios periféricos (BNP), más selectivos y con menor repercusión sistémica. Muy apropiados y con gran aceptación en cirugía ambulatoria y una excelente alternativa en situaciones de urgencia. De extraordinario valor aunque poco prodigado en lesiones de miembros en situaciones de catástrofes y en la espera de quirófano. Además la inserción de catéteres perineurales, en la proximidad de los nervios, posibilitan la analgesia postoperatoria de conducción, teniendo su principal indicación en la paciente gestante, en alérgicos a los analgésicos de tipo AINE's o cuando están contraindicados. Extienden su aplicación a la analgesia domiciliaria, mediante infusores o bombas elastoméricas ^{58, 59, 60, 61, 62, 63, 64}, en países con infraestructura

acondicionada para el seguimiento y asistencia que este régimen asistencial requiere. La analgesia de conducción con AL, aporta mayor eficacia que la conseguida con analgésicos parenterales, incluidos los opiáceos y un alto grado de satisfacción del paciente ^{65,66,67,68,69}.

3.3. AVANCES DE RELEVANCIA.

No han sido muchas las innovaciones surgidas en la ALR desde 1949, en que aparecieron los AL tipo amida. Lo más destacable ha sido:

- El refinamiento y desarrollo de las agujas de punción, dirigido específicamente para este tipo de técnicas, mas finas y con bisel atraumático, para evitar la sección de los nervios.
- La aplicación del estímulo eléctrico, a baja intensidad, para la detección de los nervios, en la práctica diaria. Obra de Greenblatt GM y Denson JS en 1962 ⁷⁰ y también por Wrigth BB en 1967 ⁷¹, medio siglo después de ser descubierta por Von Perthes ⁷². Su uso de forma rutinaria no se implanta hasta finales de los 90.
- Dos nuevos anestésicos de larga duración, que se introducen a principios de 1990 y en el año 2001 respectivamente.
 - Ropivacaína ⁷³, con propiedades de bloqueo diferencial sensitivo-motor y una toxicidad cardiaca y nerviosa menor que la bupivacaína. Muy apropiada para la analgesia epidural

obstétrica y para la postoperatoria. Puede tener interés en determinadas cirugías de miembros donde se requiera una exploración funcional activa intraoperatoria, como en las tenotomías y las tenolisis de la mano.

- Levobupivacaína, avalada por su menor cardio y neurotoxicidad, comparándola con la bupivacaína, tanto en animales ⁷⁴ como en voluntarios humanos ⁷⁵.

- Y lo mas reciente, la incorporación de los US como método de localización y guía para el BNP. Sin duda el avance más novedoso e impactante en los últimos tiempos, que ha marcado un antes y un después en la ALR.

3.4. LOCALIZACIÓN DE LOS NERVIOS PERIFÉRICOS.

Para la localización de los nervios periféricos se han utilizado diferentes métodos, desde los mas simples a los mas sofisticados. Evidentemente muy influenciados con la tecnología disponible.

3.4.1. Parestesias.

Lo más antiguo y predictivo, hasta el punto de considerarse imprescindibles para lograr el éxito del bloqueo. “*No parestesias, no anestesia*”, fue el axioma establecido por Moore DC ⁷⁶. La obtención de parestesias, era inicialmente el único determinante de la ubicación de la

aguja, con la particularidad de no requerir dispositivos añadidos ⁷⁷. Se le atribuye un mayor índice de lesión nerviosa del 3-5% de los casos ⁷⁸.

3.4.2. **“Clic aponeurótico” o Pérdida de resistencia** ³⁰.

Utilizado en el bloqueo de plexo. Se basa en la percepción de la perforación de la fascia que recubre al PB al atravesarla con la aguja, similar al de perforar una tela de tambor. Realizado con aguja adecuada de bisel corto de 30 ó 45° y en manos expertas, se consideraba un buen sistema, hasta la introducción del neuroestimulador. La incidencia de fallos era mayor del 15%, pues no siempre que se aprecia la sensación de “clic” o “pop” coincide necesariamente con una fascia y por tanto no se puede aseverar la posición correcta de la punta de la aguja en el espacio neurovascular.

3.4.3. **Neuroestimulación (NS).**

El impulso eléctrico a baja intensidad, transmitido desde un generador o estimulador de nervios periféricos (ENP) también conocido como neuroestimulador, hasta la punta de la aguja, desencadena al acercarse al nervio una respuesta específica de los músculos dependientes de mismo. Se trata de un método menos traumático y mejor tolerado que las parestesias. Tiene modesta sensibilidad ⁷⁹ e incompleta especificidad, proporcionando en las mejores manos un éxito en el 95% de los casos ⁸⁰. El ENP hay que entenderlo y utilizarlo como una ayuda

para la localización de los nervios y no como una “*varita mágica*”. Requiere unos conocimientos específicos para su uso correcto como son:

- Intensidad de corriente de 0,1-2 miliamperios (mA). Amperaje necesario para conseguir el potencial de acción.
- Duración del estímulo de 0.05-0,1 milisegundos (ms) para fibras motoras. Duración de 0,3 ms para nervios sensitivos.
- Frecuencia del impulso de 1-2 Hercios (Hz).

En general, para intensidades bajas, la duración del estímulo debe ser mas alta. En el caso de los nervios sensitivos se necesitan intensidades altas y sobretodo mayor duración del estímulo.

Se establecen dos tiempos de ejecución:

1. **Aproximación** al nervio, con intensidad entre 1-2mA; duración 0,05-0,1ms, ó 0,3ms según sea nervio motor o sensitivo respectivamente, y frecuencia de 1-2Hz.
2. **Localización** del nervio, a intensidad de 0,5-0,4mA. Cuanto más distales sean las respuestas, a intensidad baja, se admite que existe mayor proximidad de la punta de la aguja con el nervio, lo que significa “a priori” mayor posibilidad de éxito del bloqueo. Cuando la respuesta motora se mantiene a intensidad de 0,3-0,2mA, cabe suponer que la punta de la aguja está intraneural o subepineural^{81, 82, 83}, lo que disuade de la inyección de AL. El riesgo de lesión nerviosa durante la práctica de un bloqueo con

NS aunque posible, suele ser debido a error en la técnica. La búsqueda insistente del nervio a base de “tanteos” con la aguja, expone evidentemente a un mayor riesgo al nervio. En dos amplias encuestas realizadas en Francia por Auroy Y et al ^{84,85}, reclutando más de 70.000 pacientes, se determinó una incidencia de lesión nerviosa relacionada con la anestesia de 0.02%.

En 1979 Selander D et al ⁸⁶, en un estudio de 290 pacientes, comparando las parestesias frente a la pérdida de resistencia o “clic aponeurótico”, detecta 11 casos de lesiones nerviosas post-anestésicas. Ocho de estas lesiones fueron del grupo parestesias y dos en el grupo “clic”, lo que reforzaba la sospecha que la etiología era la aguja y el traumatismo sobre el nervio. Un estudio publicado casi 30 años mas tarde, no encuentra diferencias significativas entre uno y otro método, revelando 9,3% (10/108) lesiones con parestesias mecánicas, frente al 10,1% (11/109) de lesiones con parestesias eléctricas ⁸⁷.

De cualquier forma, las parestesias intencionadas como método de localización, están absolutamente desaconsejadas en la actualidad, simplemente por lo desagradables y molestas que resultan para el paciente. Aparte que no dejan de ser un traumatismo en mayor o menor grado para el nervio. Los BNP no se conciben desde entonces, sin la ayuda del ENP ⁸⁶.

3.4.4. Estimulación Eléctrica Percutánea

No ha conseguido apenas difusión en la práctica. Utiliza un electrodo cilíndrico, que dispone de un área conductora de 1 mm de diámetro, en el extremo distal. En el centro dispone de un orificio calibre 22 (12 mm), por donde se introduce una aguja aislada de bloqueo convencional del mismo calibre. Se aplica una corriente eléctrica, generada también por un ENP, siendo necesario comenzar con intensidades altas de 10 mA, que se va disminuyendo hasta el mínimo amperaje que mantenga la respuesta motora deseada. Se fija la posición del electrodo y se introduce la aguja a través del orificio disponible al efecto, para hacerla llegar a la inmediatez del nervio. Aplicando a la aguja una corriente de 0.5 mA, se corrobora la respuesta y se inyecta el AL ⁸⁸. Al igual que la NS, depende de unas variables que incluyen: área de conducción del electrodo, impedancia eléctrica, distancia del electrodo al nervio, intensidad de corriente y duración del impulso ⁸⁹.

3.4.5. Técnicas visuales.

La fluoroscopia ⁹⁰, la tomografía computerizada (TC) ⁹¹ y la RNM ⁹², han sido probadas para procedimientos de ALR, bien con fines de investigación de nuevos abordajes o para comprobación o modificación de los existentes. Todas tienen limitaciones insalvables en la actualidad, para su utilización en el área quirúrgica, además del inconveniente de la

emisión de radiaciones ionizantes las dos primeras y la generación de campos magnéticos la última.

Ecografía. Método aparentemente inocuo que permite visualizar las estructuras anatómicas, identificar los nervios y dirigir la aguja hacia ellos para infiltrarlos, comprobando la distribución del anestésico. Todo ello en tiempo real ⁹³. Con sutiles movimientos de la aguja alrededor del nervio, se pretende envolverle circunferencialmente con un halo de AL, dando una imagen de “*doughnut*” o “*anillo*”, que se considera decisivo para el éxito del bloqueo. Se trata de un método con notables ventajas sobre los clásicos, no visuales, como la neuroestimulación y la pérdida de resistencia ⁹⁴. Sus principales aportaciones son un menor tiempo de ejecución, periodo de latencia mas corto, mayor probabilidad de éxito, reducción del volumen de AL y calidad de bloqueo ⁹⁵. Pero la diferencia mas convincente radica en la posibilidad de evitar la punción de vasos, pleura y otras estructuras vulnerables en proximidad con el nervio objetivo o en la trayectoria de paso de la aguja ^{96 , 94}.

3.4.6. **Técnica Ideal de localización de nervios.**

Cualquiera de estos métodos de localización nerviosa expuestos, se basan ineludiblemente en un profundo conocimiento de la anatomía humana. Con los medios y experiencias que se dispone en la actualidad, la técnica ideal de localización de nervios, para un bloqueo anestésico o analgésico, debería cumplir los siguientes criterios:

- Dar información sobre la localización del nervio a bloquear y de las estructuras de vecindad (arteria, venas, pleura, pulmón, víscera, etc.)
- Estimar la distancia de la piel al nervio (profundidad de inserción de la aguja)
- Ayudar a determinar el ángulo y dirección que la aguja necesita tomar.
- Proveer una imagen en tiempo real y/o señales auditivas que muestren la aguja y la guíen hacia el nervio.
- Ofrecer alguna indicación predictiva de éxito de la técnica, idealmente la visualización de propagación del AL.
- No provocar efectos indeseables inmediatos ni acumulativos.

Todos estos requisitos pueden obtenerse en la actualidad con imágenes ecográficas en tiempo real.

4. INTRODUCCIÓN A LOS BLOQUEOS NERVIOSOS ECOGUIADOS

La ecografía, mediante la emisión de haces de US, es hoy una de las técnicas de imagen más ampliamente usadas en medicina. Desarrollada y utilizada casi exclusivamente por los radiólogos, se introdujo más tarde en ginecología, enfocada al diagnóstico y evolución del embarazo y a la patología de la mama. Desde hace unos 15 años su uso se ha extendido a casi todas las especialidades médicas, siendo aplicada tanto con fines diagnósticos como terapéuticos (ablación de tumores, hemostasia, procedimientos cardiacos, tratamiento oculares, etc.). Las imágenes se obtienen en tiempo real lo que proporciona una guía visual instantánea. En Anestesiología se utiliza para múltiples procedimientos en los que se incluyen la ALR, la canalización de accesos vasculares y técnicas intervencionistas de tratamiento del dolor⁹⁷. Existen equipos portátiles muy manejables y relativamente asequibles cuando se compara con otras modalidades de imagen tales como la RNM y la TC.

En ALR, los US fueron aplicados por primera vez por La Grange en 1978, utilizando un detector Doppler de flujo para el bloqueo del plexo braquial supraclavicular⁹⁸. En 1992 Friedl y Fritz los usaron para identificar la arteria axilar en el BA, en pacientes obesos en los que no era posible palparla⁹⁹. El primer artículo sobre la visión ecográfica directa del PB y la distribución del AL fue de Kapral S y cols⁹⁶ en 1994. Hubo que esperar a principios del 2000 para que la técnica se reafirmase con los trabajos de Ootaki C¹⁰⁰, Marhofer P^{101,94}, Petterson MK¹⁰² y Chan VW⁹³. Su verdadera difusión se puede establecer a partir de la publicación de Marhofer P, et al⁹⁴ en 2005,

en donde revelan el uso rutinario de los US para anestesia regional en el Department of anesthesia and Intensive Care Medicine of the Medical University of Vienna. Confirman las ventajas sobre los métodos convencionales y predicen que el método será adoptado en la práctica diaria, en cuanto se disponga de equipos portables con sondas de alta frecuencia. Aunque día a día va ganando adeptos, su implantación se encuentra en desarrollo, siendo considerada como una superespecialidad en transición ¹⁰³.

Hubo no obstante críticas y exigencias de la evidencia de los US, para sostener tales afirmaciones ⁸⁰, que fueron aclaradas en un editorial de Hopkins PM ¹⁰⁴, aludiendo a la convicción de radiólogos y ginecólogos en su práctica habitual y a la resistencia que algunos también ofrecieron a su reconocimiento. Recomendó el cambio con la absoluta convicción de que será positivo, como lo fue para los cirujanos, 20 años atrás, la laparoscopia

4.1. PRINCIPIOS FÍSICOS

El conocimiento de los principios físicos de esta técnica de imagen, es esencial para comprender su naturaleza, aplicaciones clínicas y lograr optimizar las imágenes diagnósticas, con la que podamos mejorar los resultados ¹⁰⁵.

El principio físico de la ecografía consiste en la emisión de ondas de US. Este se define como una serie de ondas mecánicas, generalmente longitudinales, originadas por la vibración de un cuerpo elástico y propagadas por un medio material (tejidos corporales), cuya frecuencia

supera a la del sonido audible por el humano: 20.000 ciclos/segundo o 20 kilohertzios (20 KHz). Los US son perceptibles por algunas especies animales como los murciélagos o los delfines. Son utilizados con fines médicos, en distintas terapias curativas, tratamientos o sistemas de diagnóstico.

Los trenes de ondas ultrasónicas pulsátiles, se producen por estímulo eléctrico de unos cristales piezoeléctricos (cuarzo, circonita de plomo, titanio y bario), que se encuentran en un estuche denominado transductor. Estos tienen la capacidad de transformar la energía eléctrica en sonido y viceversa, “*efecto piezoeléctrico inverso*”, de tal manera que el transductor actúa tanto como emisor y como receptor de US ¹⁰⁶. Colocado en íntimo contacto con la superficie corporal, mediante un gel (el aire es mal transmisor y receptor), permite que los haces de US penetren en el organismo y en su trayecto van chocando con las diferentes tejidos y estructuras corporales, produciéndose unos fenómenos físicos que son:

a) **Reflexión.** Rebote de los haces de US en mayor o menor grado.

Está determinada por la diferencia de impedancias acústicas (resistencia), de los distintos materiales que forman la interfase. Una reflexión ocurre en el límite o interfase entre dos materiales y proporciona la evidencia de que un material es diferente a otro. Hay pues una parte del haz de US que se refleja y vuelve al transductor, es lo que se denomina “eco”. La parte del haz que no se refleja, continúa el recorrido aunque con menos componentes acústicos, es decir atenuada. Cuando dos materiales tienen la misma impedancia acústica, no existe límite y no se produce eco. Si la diferencia en la

impedancia acústica es pequeña, se producirá un eco débil; por otro lado, si la diferencia es amplia, se producirá un eco fuerte y si es muy grande se reflejará todo el haz de ultrasonido. Las señales que vuelven al transductor, son procesadas (amplificadas) en imágenes. La intensidad con la que un haz se refleja, depende también del ángulo de incidencia. Reflexión máxima, cuando la onda sonora incide de forma perpendicular a la interfase entre los tejidos. Si el haz se aleja solo unos cuantos grados de la perpendicular, el sonido reflejado no regresará al emisor y será solo detectado parcialmente o no será detectado, a este fenómeno se le denomina “*anisotropismo*”.

- b) **Refracción.** Cambio en la dirección del haz en la interfase de dos materiales distintos. El eco detectado y representado en la imagen podría proceder de la profundidad o de localización diferente de la que muestra la pantalla.
- c) **Atenuación.** Pérdida de la energía del haz. Mientras las ondas ultrasónicas se propagan a través de las diferentes interfases tisulares, la energía ultrasónica pierde potencia y su intensidad disminuye progresivamente a medida que incide sobre estructuras más profundas. La atenuación puede ser secundaria a la absorción o a la dispersión.
- d) **Absorción.** El sonido al propagarse por los diferentes tejidos transforma su energía mecánica en calor y su onda se va mitigando.

A mayor frecuencia, mayor absorción y menor penetración. A menor frecuencia menor absorción y mayor penetración.

- e) **Dispersión.** Es la desviación de la dirección de propagación de la energía del haz de US.

Los líquidos se consideran no atenuadores; el hueso es un importante atenuador mediante absorción y dispersión de la energía; mientras que el aire absorbe de forma potente y dispersa la energía en todas las direcciones ¹⁰⁷.

Así pues, el mecanismo físico de los US, es similar al que sufre una onda luminosa. De este modo, si el haz ultrasónico incide en la interfase con un ángulo α_1 con respecto a la normal, parte del haz se refleja con un ángulo α_2 (igual al ángulo de incidencia) y parte se refracta con un ángulo β . Cuanto menor sea el ángulo α_1 , menor será el ángulo β (Figura 3). Si el haz incide perpendicularmente, tanto la reflexión como la refracción siguen el mismo camino que el haz incidente. Además del ángulo de incidencia (α_1) y el ángulo de refracción (β) dependen de la velocidad de los ultrasonidos en los dos medios de acuerdo con la ley de Snell.

$$\text{Tejido 1} * \text{seno } \alpha_1 = \text{Tejido 2} * \text{seno } \beta$$

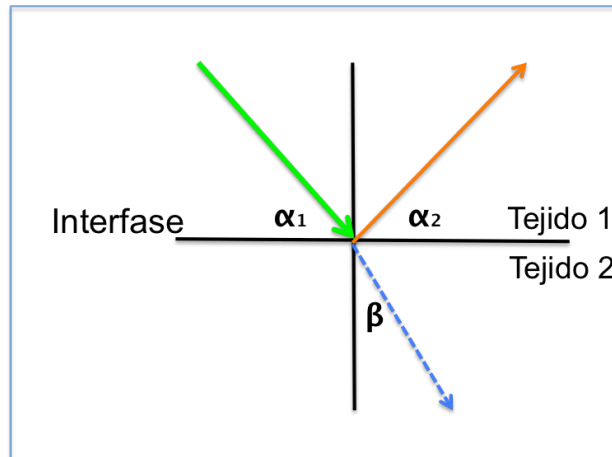


Figura 3. Incidencia, propagación y resultantes de un haz de ultrasonidos

Las imágenes obtenidas en la pantalla del ecógrafo, van a depender de la reflectividad, es decir, de los cambios en la impedancia acústica que se producen en el trayecto del haz de sonido. Por ello es importante reiterar, que la utilización adecuada de la ecografía, precisa unas bases sólidas de conocimientos técnicos, de la sonoanatomía y de la interacción de ambos, mediante una técnica de aplicación adecuada ¹⁰⁸.

4.2. TIPOS DE IMAGEN.

Las imágenes se visualizan en la pantalla en una escala de grises, pudiendo ser de tres tipos:

- a) **Hipo o Anecoica.** Transmisor perfecto de ondas (negro). El sonido atraviesa completamente un medio, no encuentra interfases que reflejen el sonido. Así se comportan las estructuras vasculares, con

la diferencia que las venas son depresibles y las arterias no lo son y además laten.

b) **Hiperecoica.** Reflector perfecto de ondas (blanco). El calcio del hueso es la sustancia tipo, que no permite pasar al haz de ultrasonidos. Deja detrás una imagen anecoica, denominada haz transónico posterior o sombra.

c) **Isoecoica.** Casi todos los tejidos se comportan de esta manera con respecto a las ondas acústicas, parte del haz se refleja y parte atraviesa los tejidos hasta otros más profundos, dando una imagen con diferentes tonos grises. Una imagen redonda isoecoica no vascular, es un nódulo.

La imagen que traduce el nervio va a depender de su configuración estructural interna, lo cual está en relación con su localización respecto al neuroeje. Son hipoecoicos cuando más proximales e hiperecoicos cuando más distales. Depende de los tabiques de epineuro que existan en su interior, que forman las celdas y albergan a los haces fasciculares rodeados por perineuro. Entre los tabiques queda el epineuro intersticial, formado por tejido conectivo de colágeno, que es el que dará la imagen de hiperecogenicidad a los nervios periféricos (Figura 4).

Otros factores que influyen en la apariencia de los nervios son:

- el tamaño del nervio
- la frecuencia de emisión de los haces de US
- el ángulo de incidencia del haz
- la zona donde se encuentren: interfascial, subfascial, intramuscular, etc.

Los nervios periféricos, en los cortes transversales, se visualizan como áreas redondeadas hipoecoicas en un fondo relativamente hiperecoico. Las estructuras hipoecoicas son los haces fasciculares y las zonas hiperecoicas representan el tejido conectivo (epi y perineuro) entre los haces neurales.

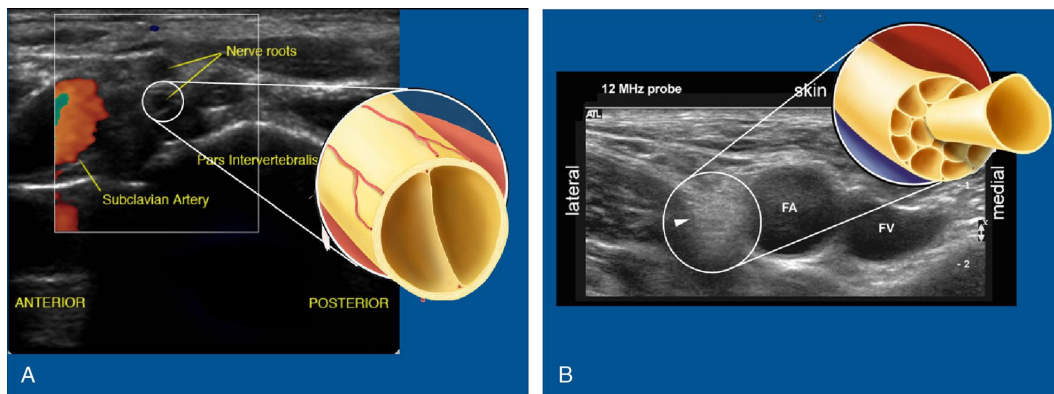


Figura 4. A) Apariencia ultrasónica de nervio paravertebral cervical, círculo hipoecoico de la raíz, con ausencia de tabiques de epineuro en su interior. B) Apariencia ultrasónica del nervio femoral, círculo hiperecoico, con presencia de tabiques de epineuro que envuelven los haces fasciculares nerviosos¹⁰⁹

4.3. APLICACIÓN DE LOS ULTRASONIDOS EN LA PRÁCTICA

La incorporación de los US como método de localización nerviosa, para los BNP, con fines anestésicos y/o analgésicos, ha supuesto un cambio radical en la práctica de la ALR. La visualización de todo el procedimiento en tiempo real, desde la identificación de las estructuras a la difusión del AL, ha marcado un antes y un después que no tiene precedentes.

Los métodos clásicos de localización de nervios están basados en tres aspectos indispensables y complementarios:

- a) anatomía descriptiva de los plexos o nervios.
- b) anatomía topográfica de las zonas por donde acceder a ellos.
- c) anatomía funcional, que incluye conocimiento de la distribución nerviosa motora y sensitiva. De interés para la identificación de las respuestas provocadas por la estimulación mecánica (parestesias) o eléctrica (neuroestimulación).

La ecografía se fundamenta en prácticamente los mismos conceptos, con ciertas connotaciones:

- a) anatomía descriptiva seccional transversal tanto de los nervios como de las estructuras en proximidad.
- b) sonoanatomía o reconocimiento visual de las diferentes estructuras en la imagen del monitor.

c) anatomía funcional, asociando la NS como complemento identificativo y de seguridad de la técnica.

Es decir prevalece el axioma de Gaston Labat en 1924: “la anatomía es la base sobre la que se ha construido la anestesia regional” ¹¹⁰

Los US son un método aparentemente inocuo, con el que nunca se han constatado lesiones ni efectos tardíos en seres humanos expuestos a niveles de US diagnósticos médicos, ni en casos de múltiples repeticiones de la prueba, como en el seguimiento de embarazos de riesgo. El método se considera el “*gold standard*” para anestesia regional, que como Hopkins PM auguró, deberá ser ineludiblemente adoptado ¹⁰⁴. El desarrollo de la ecografía aplicada a los bloqueos nerviosos debe enfocarse más en el concepto de “seguridad” que en el de mejorar los resultados, ya de por sí bastante alto, 95% en manos expertas ⁸⁰. Por ello entra a formar parte de la idea de “calidad” ¹¹¹.

Los US han demostrado ser útiles en pacientes con variaciones anatómicas ¹¹². Su aplicación ofrece un nuevo enfoque, frente a las variaciones vasculo-nerviosas, que con los métodos de localización convencionales no era posible detectar ³².

Inicialmente se presentaron como el sustituto de la NS, considerando que la imagen de las estructuras era absolutamente incomparable a las respuestas eléctricas. Además diferentes publicaciones comparando

ambos métodos, aislados y asociados, demostraron que combinando US/NS no se mejoraban los resultados ^{113,114,115,116}, alargaban el tiempo de ejecución del bloqueo y tenían mayor incidencia de hematomas ¹¹⁶ o dolores residuales ¹¹⁴. Lo que presagiaba a la NS un papel limitado, como complemento de los US ¹¹³.

El mayor consumo de tiempo de la asociación US/NS oscilaban entre 230±104 segundos vs 157±50 segundos ($p=0.000$), en el BICPS ¹¹⁵ y entre 5.3±2.0 minutos vs 3.3±1.5 minutos ($p<0.01$), en el BA ¹¹⁶. Aunque efectivamente las diferencias son estadísticamente significativas, en valor absoluto no representan una demora estimable.

Las reflexiones de Tsui B ¹¹⁷, en un editorial de 2007, exhortando a la prudencia y a no abandonar ninguna de las dos técnicas sino asociarlas para todos los bloqueos regionales, debe mantenerse siempre presente. El objetivo debe ser intentar lograr el 100% de éxito, sin repercutir en los efectos adversos.

Los US pueden ser de uso exclusivo en las fracturas y luxaciones, donde la respuesta motora a la NS desencadenaría dolor intenso. En el miembro amputado por la dificultad o imposibilidad de identificar los músculos accionados. Y en los niños, que suelen tolerar bien la punción bajo sedación y habón cutáneo previo, pero que la estimulación eléctrica les provoca bruscos movimientos reactivos que desplazarían la posición de la punta.

4.4. EVIDENCIA CIENTÍFICA DE LOS ULTRASONIDOS

La evidencia científica del método, fue valorada, por un grupo de expertos de la ASRA (American Society Regional Anesthesia) en 2010 ¹¹⁸. Se encontraron y analizaron 19 trabajos comparando los US con la NS, en bloqueos del miembro superior, de los cuales 15 fueron positivos para los US, en 3 no se encontraron diferencias ¹¹⁹ y en 1 el tiempo de ejecución fue mas rápido con US. Aunque la calidad científica de estos trabajos era dispersa, Jadad 1-5, media 3, se otorga un nivel de evidencia 1b con grado de recomendación A, en lo que se refiere a un más rápido bloqueo sensorial y mayor probabilidad de éxito del bloqueo. Otros estudios, también comparativos, entre ambos métodos de localización, obtienen con los US menor tiempo de ejecución incluyendo el preescaneo ⁹⁵, disminución del tiempo de latencia, mejor calidad de bloqueo ^{120, 121}, reducción del volumen de AL necesario ^{118, 122, 123, 124} y duración mas prolongada ¹²⁵.

Actualizaciones recientes ^{126 , 127 , 128 , 129}, incluyendo 7 nuevos estudios randomizados controlados (ERC) de bloqueos de la extremidad superior y 9 nuevos ERC de bloqueos de la extremidad inferior, refrendan la evidencia científica y el grado de recomendación de los US, solos o en combinación con NS, sobre otras técnicas de localización, constatando las siguientes ventajas:

- Menor tiempo de realización del bloqueo
- Reducción de pases de la aguja y de punción vascular
- Mas rápido inicio del bloqueo sensorial y motor
- Escasa necesidad de suplementación
- Mayor éxito del bloqueo
- Discreta mejor calidad de bloqueo especialmente para MM.II.
- Pocas complicaciones menores

En cuanto a las complicaciones, un amplio estudio observacional de cohortes, en el que han participado 36 Hospitales de Francia, con un seguimiento de 27.031 bloqueos axilares realizados con US, establece una incidencia muy baja de toxicidad sistémica y de síntomas neurológicos postoperatorios 1.5/10.000 y 0.37/10.000 respectivamente ¹³⁰. Comparando la NS con la asociación US/NS, también la toxicidad sistémica fue más elevada con el método clásico (6/5436 vs 0/9069, $p=0.0061$), e igualmente las lesiones nerviosas, 4 de duración menor de un año y 3 de mas de un año acaecieron cuando se utilizó la NS, frente a 1 lesión nerviosa de menos de 1 año cuando se usaron US/NS. Datos que permiten aumentar la confianza y seguridad mediante la combinación US/NE, para anestesiólogos en fase de aprendizaje o entrenamiento ¹³¹ e inclusive en los expertos.

4.5. SISTEMÁTICA DE TRABAJO CON ULTRASONIDOS

4.5.1. **Selección del transductor.** Según la localización de la estructura que se pretende abordar.

- **Sonda lineal**, de alta frecuencia (rango 6-13 MHz), tienen mayor atenuación del haz de US. Son preferibles para localización de estructuras superficiales.
- **Sondas curvas**, de baja frecuencia (rango 2-5 MHz), ofrecen imágenes de más baja resolución y en formato trapezoidal. El campo de visión es más amplio que el de la sonda lineal. Los haces de ultrasonidos logran mayor penetración debido a su menor grado de atenuación. Deben usarse para localizar estructuras más profundas.

4.5.2. Ajustes del ecógrafo

- **Ganancia general o sectorial.** Es un balance de grises y blancos para obtener la imagen más adecuada.
- **Foco.** Conceptualmente, los haces de US divergen según van avanzando en su trayectoria. Con la regulación del foco se limita la cantidad de divergencia del haz, concentrándolos a la profundidad deseada, con lo que

mejora la resolución lateral. No está disponible en todos los equipos de ecografía. Otros aparatos disponen de esta función de forma automática.

- **Preset.** Selección de formatos predeterminados, que utilizan una combinación de los ajustes citados, para crear la mejor imagen en resolución y contraste de cada tejido en particular. Los más habituales son: Partes Blandas. Músculo. Nervio. Vascular. Abdomen, etc.
- **Compuesto de imagen.** Es uno de los más recientes avances tecnológicos de los US. Mejora la calidad de imagen en comparación con el sistema convencional. Reduce los artefactos acústicos y mejora la definición de los planos tisulares así como la visibilidad de la aguja. Los transductores convencionales emiten ondas de sonido en sentido perpendicular. En tanto que, los modernos transductores de imagen compuesta, pueden emitir de una forma simultánea y "dirigir" ondas de ultrasonido en una variedad de ángulos (hasta nueve), procesando imágenes del mismo tejido desde varios ángulos diferentes.

4.5.3. Manejo de la sonda.

Para el mejor provecho de los US en anestesia regional y técnicas intervencionistas del dolor, hay que aventurarse más allá del modo “*reconocimiento patrón*” de una imagen tipo o modo estático, al enfoque sistemático más avanzado. La sonda debe utilizarse en modo dinámico, realizando una exploración o escaneado que nos lleve a determinar la procedencia y trayectoria de los nervios, osea su identidad funcional ¹³², así como el de las estructuras adyacentes (músculos, vasos, fascias, etc.). Solo de este modo será posible, determinar la presencia de variaciones anatómicas ¹³³.

El manejo metódico de la sonda, requiere una serie de maniobras, agrupadas con la regla nemotécnica PART (Pressure, Alignment, Rotación and Tilt), con las que se intenta conseguir la mejor definición de las estructuras relacionadas con el procedimiento.

- **Pressure (Presión).** Firme para mantener una correcta solución de continuidad entre la sonda y la piel del paciente, así como para fijar las estructuras subyacentes. La presión adecuada puede mejorar notablemente la calidad de una imagen, además de acortar la distancia de las estructuras interesadas. La presión excesiva puede resultar molesta al paciente.

- **Alignment (Alineación)** El objetivo principal de esta maniobra es encontrar la estructura objetivo y posicionarla de forma óptima en la pantalla para controlar el avance de la aguja. La complementación con el **Sliding** o deslizamiento, en sentido proximal y distal, ayuda al rastreo de la estructura y la mejor verificación de la anatomía relevante durante el proceso de exploración o escaneado.
- **Rotación (Rotación).** Movimientos de giro en un sentido u otro para hacer coincidir exactamente el plano elegido, axial o longitudinal. La rotación de la sonda 90° desde la posición inicial, cambia la visión de la estructura desde su eje transversal al eje longitudinal y viceversa.
- **Tilt (Inclinación).** Movimientos de cabeceo de la sonda, que realiza un barrido de haces de US, para conseguir la incidencia perpendicular de los haces de US sobre la estructura a identificar. Anisotropismo.

4.5.4. Mecánica de trabajo.

Es recomendable proceder siempre con la misma metódica:

- Posición ergonómica del especialista. Sentado si fuera posible, con la pantalla del ecógrafo frente a la altura de sus ojos y la

cabeza en posición neutra. La mano no dominante sujeta la sonda con los dedos y apoya con la región hipotenar sobre el paciente, para mantener una posición firme y estable.

- Comprobar la orientación de la sonda. La marca de la sonda se corresponde con un punto o anagrama en la parte superior izquierda de la pantalla.
- Reconocimiento inicial de la zona, para identificar la sonoanatomía, el nervio objetivo y estructuras adyacentes, para establecer la estrategia de abordaje.
- Ajustar el ecógrafo: profundidad, ganancia, foco, etc., para conseguir una imagen uniforme en brillo y contraste.
- Elegir el eje de abordaje del nervio, axial, longitudinal o mixto. El modo de punción puede ser, paralelo o perpendicular al eje mayor de la sonda, lo que se ha convenido en denominar “en plano” o “fuera de plano” respectivamente ¹³⁴.
- Decidir el tamaño de la aguja de punción 50, 85, 100, 120 mm según la profundidad del nervio a bloquear y el modo de punción.

- Condiciones habituales de esterilidad, guantes, agujas, jeringas, gasas, etc.). Sonda con gel conductor y cubierta con una funda estéril.
- Seleccionar el AL a inyectar, según la duración del procedimiento.
 - Mepivacaína 1.5% en los de corta duración (inferior a una hora).
 - Mepivacaína 1.5% asociado a Bupivacaína 0.125% en procesos de 1.5 horas a 3 horas.
 - Bupivacaína 0.375% o Ropivacaína 5% cuando se pretende un bloqueo prolongado.
 - La asociación de Dexametasona entre 4-10 mgrs a la solución anestésica se propone para alargar la duración del bloqueo nervioso y la analgesia postoperatoria en el bloqueo del plexo braquial ¹³⁵ y en el BIC ¹³⁶. No parece ser tan manifiesto el efecto en el bloqueo ciático y en el bloqueo del tobillo ¹³⁷. En cualquier caso, la elevada posibilidad de neurotoxicidad de la dexametasona a dosis clínicas, observada en un estudio de laboratorio en ratas ¹³⁸, requiere una reconsideración de la administración perineural ¹³⁷.

- Todo el material preparado y a punto (Figura 5). Especial cuidado en la purga de las jeringas con la solución anestésica elegida, para evitar la inyección de microburbujas de aire, que desvirtuarían la imagen haciéndola ilegible.
- Aplicar una solución desinfectante sobre la piel en abundancia, para limpieza en la zona de punción y para facilitar el deslizamiento de la sonda. Recomendable el digluconato de clorhexidina al 2% diluida en alcohol isopropílico 70%; mejor que la povidona yodada 100mg/ml.
- Previo habón cutáneo, introducir la aguja visualizando su trayectoria hasta aproximarse al nervio objetivo. En la punción “fuera de plano”, es difícil identificar la punta de la aguja. Movimientos de agitación cortos y rápidos, ayudan a reconocerla a través de la distorsión que produce a su paso por los diferentes tejidos.
- Inyectar la solución anestésica comprobando su distribución, alrededor del nervio. En la actualidad se cuestiona la necesidad de formar un halo de AL alrededor del nervio, siendo suficiente depositarlo a un solo lado del nervio, especialmente en los monofasciculares como los troncos primarios del PB.

clínicas en 6.366 bloqueos periclaviculares guiados con US (3.403 BSC y 2.963 BIC), realizados por anestesiólogos con una experiencia de menos de 20 bloqueos, diagnostican un neumotórax radiológicamente en 4 casos (2 con BSC y otros 2 con BIC), tres de ellos con dos días de latencia. La incidencia de neumotórax sintomático fue del 0.06%; [95% Índice de confianza (CI) 0.001–0.124]. Atribuyen como factor de riesgo, el fallo en obtener una correcta posición de la punta de la aguja y una insuficiente supervisión por expertos.

Aunque no está del todo claro de cuál es la técnica de elección, para conseguir anestesia quirúrgica de la región inferior del miembro superior, se piensa que el BIC tiene ciertas ventajas. Su eficacia y seguridad, se analizó en una revisión sistemática, que posteriormente fue actualizada, comparándole con otros abordajes del PB (axilar, supraclavicular y mediohumeral) ¹⁴⁰. Todos ellos utilizados como técnica única. Se encontraron 22 trabajos que incluían 1.732 participantes. Se comprobó que el BIC es tan seguro y eficaz como cualquiera de los otros bloqueos control ya fueran realizados con NS o con US. Las ventajas del BIC incluyen, menor probabilidad de dolor consecuente al uso del torniquete de isquemia durante la cirugía y un bloqueo más fiable de los nervios musculocutáneo y circunflejo cuando se compara con el BA en inyección única. El tiempo de ejecución fue significativamente más corto comparado con la multi-inyección axilar y el abordaje medio-humeral. El porcentaje de fallos para conseguir anestesia quirúrgica a los 30 minutos de la inyección del AL, fue similar para el BIC que para los otros abordajes (11.4% versus 12.9%, (RR) 0.88, 95% CI 0.51 a 1.52, P = 0.64).

Igualmente comparando el BSC con el BIC en 120 casos ecoguiados, se alcanza un bloqueo mas rápido con mejor eficacia quirúrgica (93% vs 78%) y menos efectos adversos con el BIC, 9 casos (15%) frente a 32 (54%) $p<0.0001$ ¹⁴¹. La eficacia fue similar entre ambas técnicas, con un tiempo de anestesia total más corto con el supraclavicular por su menor latencia¹⁴². En el bloqueo continuo los resultados también son equivalentes estadísticamente, la eficacia del BIC fue del 100% frente al 88% del BSC¹⁴³.

Lo que resulta determinante en favor del BIC son sus exiguos efectos colaterales:

- Menor riesgo de parestesias relativas al procedimiento
- Reducido bloqueo ascendente a la cadena simpática (Síndrome de Horner)¹⁴⁴.
- Más bajo riesgo de inclusión del nervio frénico. El hemibloqueo diafragmático completo, administrando un volumen de 30 ml de AL, presenta una incidencia del 33% en el BSC frente al 3% del BIC ($p<0.001$)¹⁴⁵.

Dos son los abordajes sugeridos por vía infraclavicular ecoguiados:

5.1. Medioclavicular o Proximal o Costoclavicular

Muy de actualidad, sobre el que se acaban de publicar las bases anatómicas para su abordaje¹⁴⁶ y sus beneficios¹⁴⁷. El espacio costoclavicular¹⁴⁸ se localiza profundo y posterior al punto medio de la clavícula¹⁴⁹. A este nivel los cordones se encuentran juntos y

agrupados¹⁵⁰, envueltos por la fascia axilar profunda, situados lateral a la arteria axilar, cubiertos por el músculo subclavio la fascia clavipectoral y por encima el músculo pectoral mayor. El plexo está muy cerca de la parrilla costal y de la pleura, separado de ella solo por el músculo serrato anterior (Figura 6). La sonda se coloca paralela a la clavícula en su tercio distal. La cercanía de la apófisis coracoides con el borde de la sonda aparenta dificultad para la punción “en plano”, de lateral a medial, pero suele ser factible (Figura 7). El acceso “fuera de plano” es mas aconsejable con una trayectoria de caudal a rostral, con menor riesgo de entrar en cavidad torácica (Figura 8). La aguja es entonces visualizada en la pantalla del ecógrafo como un punto hiperecogénico, sin poder precisar si corresponde a la punta o a un corte seccional de la misma. La menor precisión del control de paso y especialmente de la posición de la punta, aumentan el riesgo de complicaciones. La abducción del brazo a 90° que desplaza lateralmente el PB del tórax y lo acerca a la superficie al contraer el musculo pectoral mayor que le cubre, ha sido sugerida para mejorar la imagen sonográfica en este abordaje¹⁵¹.

La incidencia de hemibloqueo diafragmático de este abordaje con los métodos clásicos de localización de nervios, se ha estimado entre el 20 y el 26%¹⁵²

No hay todavía datos que confirmen la seguridad y eficacia de esta técnica con US¹⁴⁶.

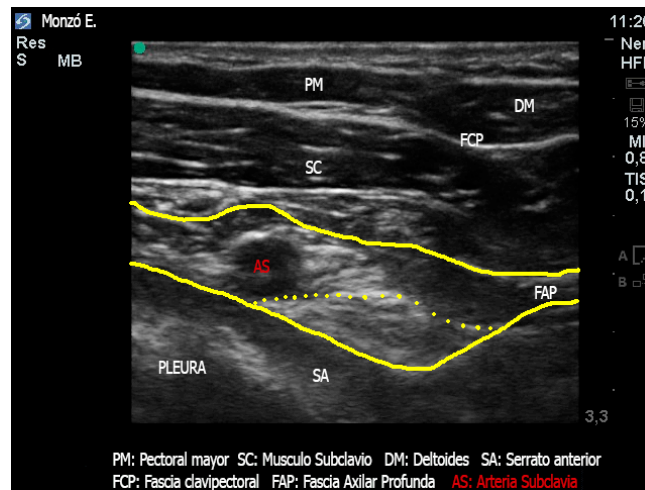


Figura 6. Imagen ecográfica del plexo braquial a nivel proximal o medioclavicular



Figura 7. Abordaje proximal o medioclavicular
Punción “en plano”.



Figura 8. Abordaje proximal o medioclavicular.
Punción “fuera de plano”.

5.2. Parasagital o Coracoidea o Distal (BICPS).

Es el abordaje habitualmente utilizado del BIC. Se le considera tan seguro como la vía axilar, y además tiene la aportación adicional de incluir a los nervios musculocutáneo, toracodorsal, axilar y cutáneo braquial medial ²⁴. También a los nervios pectorales mayor y menor, e incluso se cree pudiera por difusión alcanzar al nervio

intercostobraquial (T_{II}), lo que no ha sido probado hasta la fecha. Proporciona un bloqueo más homogéneo y completo de la extremidad superior.

Técnica ligeramente más distal a la anteriormente comentada, costoclavicular. A este nivel los cordones en su descenso hacia la axila, han rotado y se encuentran profundos a los músculos pectorales (mayor y menor). Están situados alrededor de la segunda porción de la arteria axilar^{153, 154, 155} y separados los unos de los otros^{149,156}. La punción “en plano” es realizable (Figura 7), y la visualización de la aguja suele ser posible en todo su recorrido. La aguja se introduce por debajo de la clavícula, en el surco deltopectoral, con una trayectoria de rostral a caudal, adoptando una posición lateral a la parrilla costal.

La sistemática de inyección mas difundida fue propuesta por Tran DQH et al¹⁵⁷, intentando mejorar los resultados publicados, entre el 80 y el 95%^{100, 155,158} y que imputaba a la variable difusión del AL, según el punto de inyección. Consiste en dirigir la punta de la aguja hacia la parte dorsal de la arteria axilar, e inyectar un amplio volumen (35-60ml) de AL. Se origina así una imagen redondeada hipoecoica, que asociada a la que queda por encima, también hipoecoica que corresponde a la arteria axilar, conforman el signo de la “*doble burbuja*”¹⁵⁷ (Figura 10). Se predice una difusión ascendente a ambos lados de la arteria, que denominan “*efecto en U*”, y que alcanzará a los tres cordones. En su experiencia personal, el éxito del bloqueo se eleva a casi el 100% de los casos.

La idea además de estar condicionada por un alto volumen de AL inyectado, admite una disposición clásica e invariable de los cordones y prejuzga una difusión determinada. Pero como se ha comentado las variaciones en la arquitectura neural del PB son mas la regla que la excepción, lo cual plantea dudas razonables de que con una simple inyección inespecífica, se consiga un éxito tan elevado.



Figura 9. Abordaje infraclavicular parasagital. Punción “en plano”.

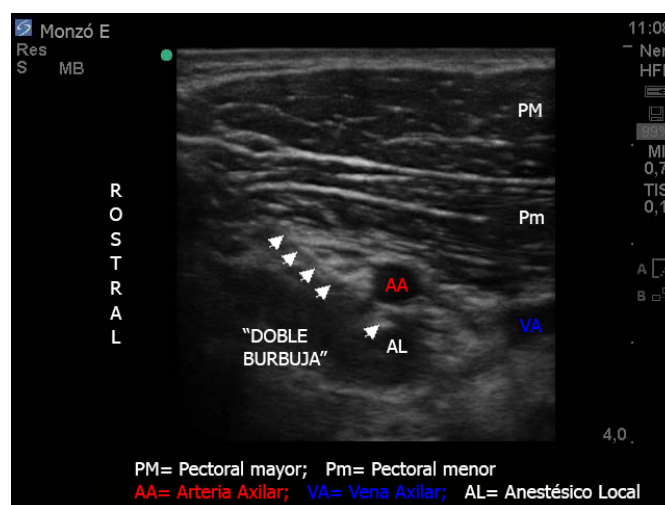


Figura 10. Imagen sonográfica del signo de la “doble burbuja”. Las flechas marcan la aguja hasta la punta.

6. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

Las variaciones anatómicas del plexo braquial, descritas en las preparaciones anatómicas, con la RNM y con los US, no son infrecuentes. Mientras que con los métodos convencionales de localización de nervios (parestias, clic aponeurótico y neuroestimulación), no era posible detectarlas, la visualización con US y un escaneado minucioso permitirá reconocerlas. Se conseguirá entonces una punción mas precisa y segura. En el caso del BICPS donde los cordones se disponen alrededor de la arteria axilar en su segunda porción, las variaciones pueden condicionar la difusión de la solución anestésica, evitando la inclusión de alguno de los cordones. Parece mas aconsejable asociar la NS e identificar cada cordón mediante sus respectivas respuestas motoras, procediendo a la infiltración selectiva de cada uno de ellos. Es de esperar de este modo, un bloqueo eficaz mas predecible y un menor volumen de AL necesario, para la interrupción sensitivo-motora con fines quirúrgicos.

OBJETIVOS

- La evaluación mediante ultrasonidos y neuroestimulación, de la disposición de los cordones del plexo braquial, alrededor de la arteria axilar en su segunda porción.
- El diseño de unos esquemas topográficos tipo, según las diferentes posiciones de los tres cordones en conjunto, que sean orientativos para su búsqueda y localización.

- El cálculo de la profundidad a la que se encuentran los cordones, con respecto a la superficie corporal, y su relación con el índice de masa corporal.
- El registro del volumen de anestésico local utilizado para los tres cordones y la eficacia de la técnica anestésica.

7. MATERIAL Y MÉTODOS

Este estudio observacional prospectivo se desarrolló entre 2012 y 2015, en el Hospital FREMAP de Majadahonda-MADRID. Fue realizado de acuerdo con las leyes bioéticas españolas ley 14/2007, de 3 de julio, de Investigación biomédica, artículo 3 párrafo m, y aprobado por el Comité ético del centro (Anexo 1).

Los pacientes fueron informados convenientemente del tipo de anestésica a realizar, un bloqueo nervioso de la extremidad superior por vía infraclavicular asociado a una sedación vigil intravenosa. Se expusieron los riesgos anestésicos habituales de ambas y del objetivo del estudio, que no modificaba ni influía en la estrategia anestésica planificada. Todos los pacientes firmaron el consentimiento informado preceptivo del Hospital (Anexo 2) y aceptaron colaborar en la recogida de datos del estudio (Anexo 3). Se eligieron enfermos de cirugía programada y también de urgencia, que iban a ser sometidos a procedimientos quirúrgicos del miembro superior, tercio distal del brazo, codo, antebrazo, mano y dedos.

Los criterios de exclusión fueron:

- Edad menor de 16 años
- Índice de Masa Corporal $>40 \text{ kg/m}^2$
- Negativa del paciente a participar en el estudio o en recibir el bloqueo anestésico.
- Neuropatías o lesiones nerviosas previas en cualquiera de los nervios involucrados en el procedimiento.

- Antecedentes de diabetes tipo I, por su mayor predisposición a neuritis residuales postanestésicas.
- Coagulopatías, por el riesgo de punción de la arteria y vena axilares.
- Procedimientos que afectaban a la región del hombro, donde resulta necesario incluir el bloqueo del plexo cervical superficial y el nervio supraescapular (Cv).

A la llegada a quirófano se procedió a la preceptiva monitorización electrocardiográfica, pulsioximetría y de presión arterial no invasiva con monitor Infinity Delta de Dräger Medical Systems, Danvers USA. Se canalizó una vía periférica con cánula de teflón 18-16G en el antebrazo contralateral, por donde se administró midazolam 2 - 3 mg y fentanilo 50 µg. Seguidamente se instauró una perfusión continua de remifentanilo, dilución 1 mg en 50 ml (20 µ/ml), utilizando una bomba TCI (target controlled infusión) Injectomat TIVA Agilia de Fresenius Kabi España. La bomba se programó en modo concentración plasmática, sistema Minto a 1 ngr/ml, lo que representa una dosis de 0.03 mcg/kg/min. Dosis que se encuentra en el rango de sedación vigil del fármaco, y que se mantuvo hasta el final de la cirugía. Un suplemento de oxígeno fue aplicado mediante gafas nasales con un flujo de 2-3 litros, para compensar la reducción ventilatoria consecuente a la sedación.

Se utilizó la posición supina con brazo a intervenir con ligera abducción y el codo en flexión de 90°, quedando la mano apoyada sobre el abdomen. En pacientes con obesidad y también en los muy musculosos, optamos por modificar la posición del brazo a anestesiarse, permitiendo descansar en una

posición neutra, estirado y pegado al cuerpo, en la que la distancia de la piel a los cordones resulta más corta ¹⁵⁹. En ocasiones hubo que recurrir a la posición de brazo en abducción de 90 con flexión del codo a 90 y rotación externa, en un intento de mejorar la visión del plexo.

La superficie de la piel de la región infraclavicular coracoidea, fue preparada con una solución de digluconato de clorhexidina en alcohol isopropílico al 70%. Una sonda lineal de alta frecuencia L38, 6-13 MHz y 4 cm, de ecógrafo SonoSite modelo Edge, convenientemente recubierta de gel y funda estéril, fue colocada justo debajo de la clavícula, a nivel del surco deltopectoral, con su eje mayor paralelo al plano sagital del paciente (Figura 11). Basculando la sonda para dirigir los haces de ultrasonidos lateralmente (Figura 12) se identificó la apófisis coracoides, punto de referencia que confirma la altura correcta de sonda (Figura 13).



Figura 11. Posición inicial de la sonda



Figura 12. Sonda inclinada, dirigida hacia la apófisis coracoides

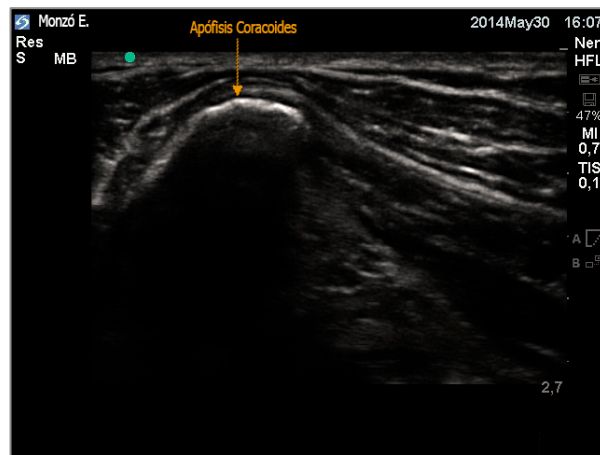


Figura 13. Imagen sonográfica de la apófisis coracoides

De nuevo con la sonda en la posición vertical, se examinó la anatomía de la región infraclavicular. De superficial a profundo se identificó: el músculo pectoral mayor, el musculo pectoral menor, la arteria y la vena axilar (Figura 14).

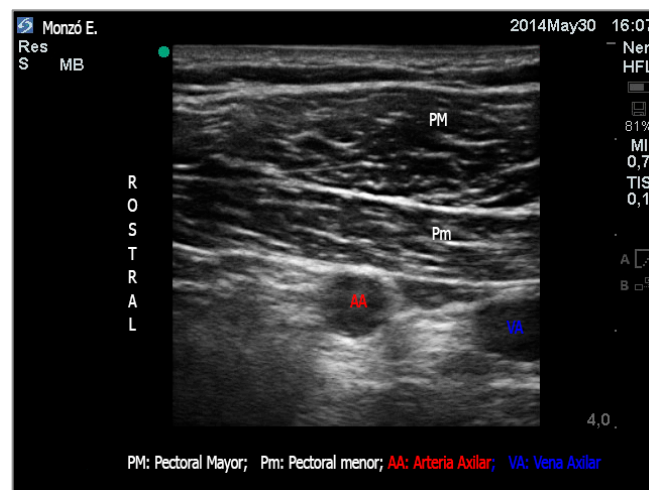


Figura 14. Sonograma de la región infraclavicular en el abordaje parasagital. El punto verde corresponde al borde de la sonda donde está la muesca o marca.

El borde de la sonda que dispone de la marca o muesca, se hizo corresponder con el punto verde de la pantalla. De esta forma se hizo coincidir la lateralidad, es decir lo que observábamos en el lado izquierdo de la pantalla procedía de la parte izquierda de la sonda. Los radiólogos habitualmente utilizan la lateralidad invertida. Así pues la arteria que siempre está en posición rostral, se encontraba a la izquierda de la imagen, cuando explorábamos el lado derecho del paciente, y a la derecha de la imagen cuando se trataba del brazo izquierdo. La vena aparece en posición caudal y se colapsa al ejercer presión con la sonda. La localización y bloqueo de los tres cordones se realizó de la siguiente forma secuencial:

1º. Se buscaron imágenes de corte seccional, redondeadas e hiperecoicas, alrededor o en la proximidad de la arteria axilar en las posiciones descritas en los textos de anatomía clásica (Figuras 15 y 16):

- a. En la parte lateral y superior de la arteria axilar, coincidiendo con la posición horaria entre las 10 y las 11 para el miembro derecho y entre la 1 y las 2 para el miembro izquierdo, el **CORDÓN LATERAL (CL)**.
- b. En la parte posterior de la arteria, posición horaria de las 6, el **CORDÓN POSTERIOR (CP)**.

- c. Entre la arteria y la vena axilar, posición horaria entre las 3 y las 5 del lado derecho, y posición horaria de las 7 y las 9, en el lado izquierdo, correspondería al **CORDÓN MEDIAL** (CM).

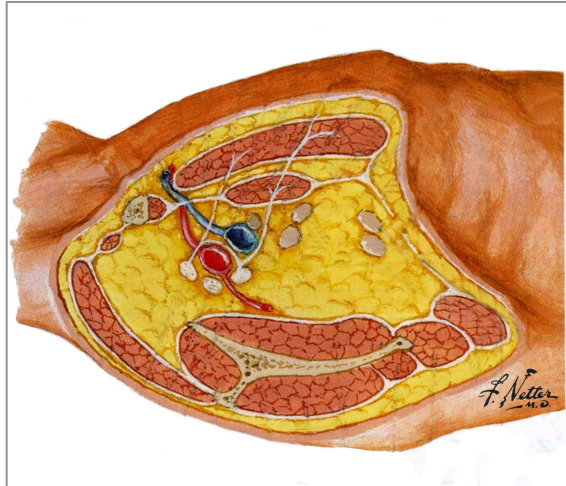


Figura 15. Esquema anatómico modificado y posicionado para el BICPS ¹⁶⁰.

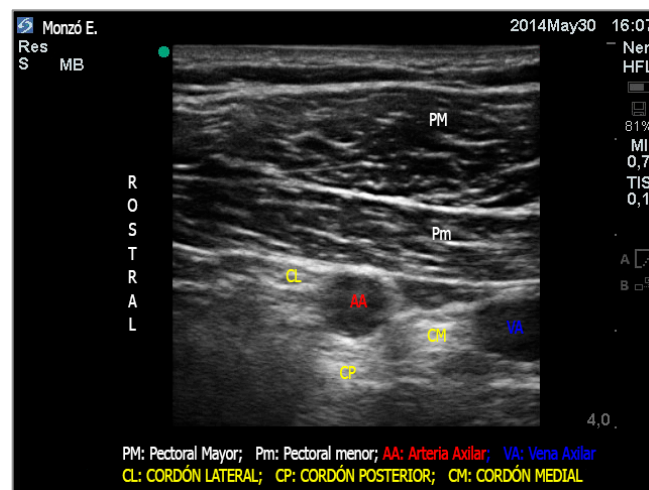


Figura 16. Localización ecográfica de los cordones alrededor de la arteria.

2º. Se realizó una primera valoración visual de la disposición sonográfica de los cordones, alrededor de la arteria axilar. Se anotó la posición de cada uno en un gráfico circular dividido en 12 sectores iguales. (Figura 17)



Figura 17. Gráfico de sectores para posicionar los cordones

3º. Se realizó la medición, mediante el “calibre” del ecógrafo, de la profundidad a la que se encontraba cada cordón, con respecto a la piel, a ser posible en la ventana sonográfica donde se visualizaban los tres componentes neurales (Figura 18).

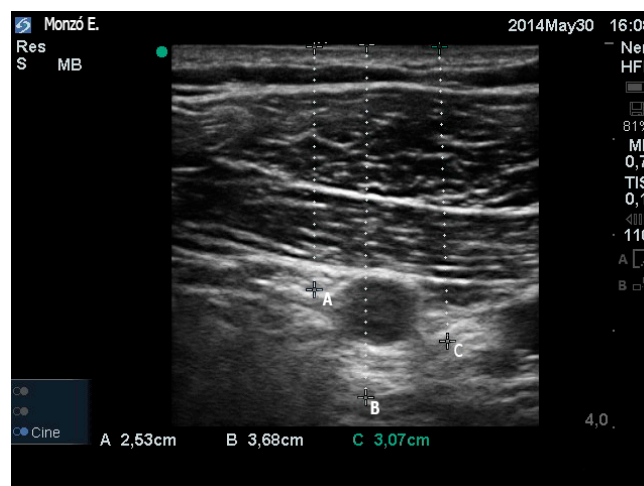


Figura 18. Medición de la profundidad de los cordones

4°. La punción fue realizada “en plano” siguiendo el eje largo de la sonda, con trayectoria de rostral a caudal (Figura 19). Una aguja de plexo aislada, bisel 15°, calibre 22G y 85 mm, (Locoplex, Vygon, Ecoen, France), fue conectada a NS (MultiStim SENSOR PanjunK, o Stimuplex HNS12 B/Braun). El NS con los parámetros seleccionados, intensidad de 0,8mA; frecuencia de 2Hz y duración de estímulo de 0,1ms, se seleccionó en modo espera, para no provocar respuestas musculares directas, que distorsionasen la imagen durante la punción. La aguja fue dirigida inicialmente hacia el cordón lateral, luego al posterior y por último al medial. El paso de la aguja fue controlado con visión en tiempo real en todo su recorrido. Una vez en contacto con la superficie de cada cordón, se activó el NS y se analizaron las respuestas motoras evocadas:

a) Flexión del brazo consecuente a la contracción de los músculos flexores del brazo (bíceps o braquial anterior): nervio musculocutáneo.

Pronación del antebrazo: Nervio mediano.

Cualquiera de estas, corroboró la identidad del CL.

b) Extensión del brazo. Músculo tríceps: nervio radial

Flexión del antebrazo. Músculo braquiorradial: nervio radial

Extensión de los dedos: nervio radial

Contracción del músculo Deltoides: nervio axilar o circunflejo

Cualquiera de estas determinó al CP.

- c) Flexión de la muñeca o de los dedos: nervios mediano y cubital. Revelaron al CM.



Figura 19. Punción “en plano” de rostral a caudal

La identidad de cada cordón, a tenor de estas respuestas motoras, fue corroborada o modificada en el gráfico inicial de localización sonográfica del punto 2.

5°. Para descartar que la punta de la aguja se encontraba en posición intraneural, se redujo la intensidad de corriente del NS a 0.3 - 0.2mA, con lo que la respuesta motora debía inhibirse^{81,161}.

6°. Recuperada de nuevo la respuesta motora a intensidad de 0,5 - 0,6 mA, se inyectó una pequeña fracción de la solución anestésica, comprobando la abolición inmediata de la respuesta motora. Se producía además una huella hipoeoica que resaltaba la imagen

hiperecoica del cordón, facilitando así las sucesivas maniobras de aproximación con la aguja, para rodear de AL la mayor parte de la sección del cordón.

7°. El volumen máximo total a inyectar para los tres cordones se estableció “*a priori*” en 20 ml.

8°. Si alguno de los cordones no era visualizado, ni se obtenida una respuesta motora que lo identificase, una vez realizada la infiltración de los otros dos cordones, se depositaba la solución anestésica restante en la parte posterior de la arteria axilar.

9°. La inyección del AL fue realizada por el mismo ejecutor de la técnica. (Figura 20).

10°. El objetivo era conseguir una imagen sonográfica con los tres cordones rodeados de un halo suficiente de AL. (Figura 21)

11°. Transcurridos 10 minutos de la ejecución de la técnica, se realizaron las exploraciones pertinentes valorando signos de bloqueo sensitivo y motor, que fueron repetidas a los 20 minutos si no habían sido convincentes.

a) El bloqueo sensorial se estimó mediante un test de frío con algodón empapado en alcohol o aplicando un objeto metálico, en

los territorios de inervación correspondientes a los nervios musculocutáneo, mediano, radial y cubital ^{162,163,164}.

- Región lateral del antebrazo.
- Zona volar del pulgar.
- Dorso de la mano.
- Zona volar del 5º dedo.

Puntuación en una escala de 3 puntos; 0 puntos, no bloqueo; 1 punto, analgesia (percepción del tacto pero no el frío); y 2 puntos, anestesia (no percepción del tacto ni el frío).

b) El bloqueo motor de los nervios musculocutáneo, radial, mediano y cubital fue evaluado por los siguientes movimientos respectivamente:

- Flexión del codo. (n. Musculocutáneo))
- Abducción del pulgar. (n. Radial)
- Oposición del pulgar. (n. Mediano)
- Aducción del pulgar. (n. Cubital)

Puntuación en una escala de 3 puntos; 0 puntos, no bloqueo; 1 punto, paresia; 2 puntos, parálisis.

Siendo la puntuación máxima posible de 16 puntos, se consideró el bloqueo listo para la cirugía cuando se obtuvo una puntuación mínima de 14 puntos, siempre que la puntuación de bloqueo sensorial fuera igual o superior a 7 de 8 puntos.

12°. La reversión del bloqueo anestésico, sensorial y motor, fue valorada en la Unidad de Recuperación Postanestésica (URPA), a intervalos de 15 minutos, por el personal de enfermería. Así mismo se instruyó al paciente para solicitar analgesia, en cuanto aparecieran molestias o dolor postoperatorio de carácter suave, con un valor 2 de la escala visual analógica.

Todos los casos fueron realizados por el mismo autor, con dilatada experiencia en técnicas loco-regionales, tanto con métodos convencionales como con US. Se cumplían ampliamente los criterios necesarios para conseguir unos resultados satisfactorios en el procedimiento a investigar, tanto con el manejo de los US ¹⁶⁵, como con la NS ¹⁶⁶.

Para los US se han establecido 3 condiciones básicas de competencia, el conocimiento de los principios físicos de estos, el uso del ecógrafo, conocimientos de anatomía sonográfica y habilidades manuales para la colocación precisa de la aguja ¹⁶⁷. La curva de aprendizaje del BA determina un mínimo de 40 casos, para alcanzar un éxito del 89% (95% CI 85-93) ¹⁶⁵. Sin embargo en un reciente estudio con estudiantes de 3 y 4º curso de medicina, a los que se instruía convenientemente durante 1,5 horas con material tutorial interactivo, que incluía el uso de la máquina de US y el escaneado del PB a nivel axilar, se comprueba que entre la 8º y 10ª sesión de 12 minutos de escaneado, los estudiantes experimentan una mejoría sonográfica adecuada

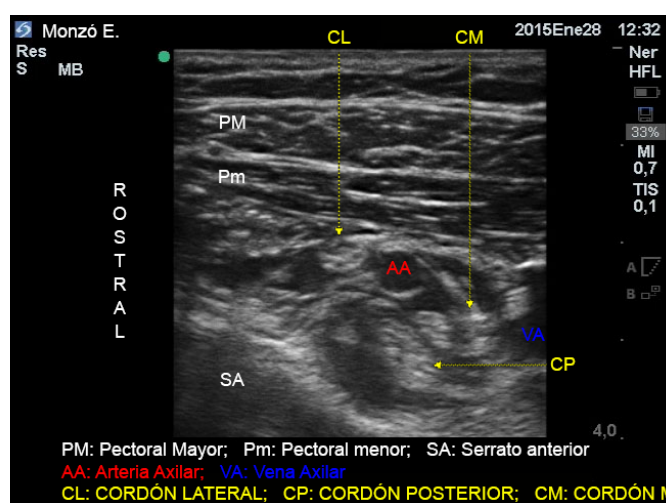
¹⁶⁸ .

Para la NS también se requiere unos conocimientos físicos, así como de la fisiología y fisiopatología ¹⁶⁶. Indispensable el reconocimiento de las respuestas motoras evocadas.

Figura 20. Inyección de la solución anestésica, por el mismo ejecutor de la técnica.



Figura 21. Los tres cordones rodeados de AL



Se valoraron los siguientes parámetros:

1. Volumen de anestésico local administrado
2. Eficacia anestésica para el procedimiento en cuestión
3. Duración de la intervención
4. Reversión sensitiva y motora del bloqueo
5. Solicitud de primera analgesia.

8. RESULTADOS

El estudio incluye a un total de 250 pacientes a los que se realizó BICPS ecoguiado para procedimientos del brazo, codo, antebrazo y mano.

El análisis estadístico se realizó con el programa SPSS v20.0. Se procedió al análisis descriptivo de la muestra y un procesamiento con el test paramétrico Chi-cuadrado. Se consideraron diferencias estadísticamente significativas aquellas con un valor de " $p < 0,05$ ".

Se indica el valor del "rango o recorrido", que es la diferencia entre el mayor y el menor de los datos de la distribución.

8.1. DESCRIPTIVOS

El proyecto de evaluación topográfica del plexo braquial a nivel infraclavicular parasagital mediante ultrasonidos, ha sido desarrollado en el Hospital FREMAP de Majadahonda (Madrid). Entidad colaboradora de la Seguridad Social nº 61, dedicada a los accidentes laborales.

De los 250 pacientes del estudio, 181 fueron hombres (72,4%) y 69 mujeres (27,6%) (Tabla I).

Tabla I. Distribución por sexos

	Frecuencia %
Hombres	181 (72,4%)
Mujeres	69 (27,6%)

8.1.1. Datos Antropométricos.

La edad media de los pacientes del estudio fue de 41,2 años ($\pm 10,5$), siendo el mas temprana los 17 años y la mayor los 64 años (rango 47 años). La altura media de los pacientes fue de 1,71 m ($\pm 0,08$ m), con un máximo de 1,93 m y mínimo de 1,50 m (rango 0,43 m). En cuanto al peso, la media correspondió a 75,8 Kg ($\pm 13,0$ Kg), con un máximo de 120 Kg y un mínimo de 45 Kg (rango 75 Kg). El índice de masa corporal (IMC) fue de 25,81 kg/m² ($\pm 3,4619$) de media, con un máximo de 40 y un mínimo de 18,7 (rango 21,36). (Tabla II):

Tabla II. Datos antropométricos de los pacientes.

	Media (SD)	Rango
Edad (años)	41,2 ($\pm 10,5$)	47
Altura (m)	1,71 ($\pm 0,08$)	0,43
Peso (Kg)	75,8 ($\pm 13,0$)	75
IMC	25,81 ($\pm 3,46$)	21,36

8.1.2. Profundidad de los cordones

La profundidad a la que se encontraba cada cordón con respecto a la piel fue la siguiente: (Tabla III).

- CL profundidad media de 2,55 mm ($\pm 0,36$ mm)
- CP profundidad media de 3,38 mm ($\pm 0,46$ mm)
- CM profundidad media 3,12 mm ($\pm 0,44$ mm).

Tabla III. Descriptiva de la profundidad de los cordones en la muestra.

	Media (SD)	Error típ. de la media	Rango (máx-mín)
Cordón lateral	2,551 mm ($\pm 0,365$ mm)	0,2311	1,88 (3,44-1,56)
Cordón posterior	3,387 mm ($\pm 0,463$ mm)	0,2933	2,49 (4,74-2,25)
Cordón medial	3,126 mm ($\pm 0,448$ mm)	0,2838	2,66 (4,40-1,74)

8.1.3. Visualización de los cordones con Ultrasonidos

El número de cordones distinguibles en el proceso de localización visual, en una única ventana ecográfica fue, los 3 en 58 pacientes (23,2%), 2 cordones en 181 pacientes (72,4%) y solo 1 en 11 pacientes (4,4%). La arteria axilar y la vena axilar fueron identificadas en todos los pacientes, situándose la arteria más próxima a la clavícula y la vena más alejada. (Tabla IV)

Tabla IV. Cordones visualizados con US en ventana única

Cordones visualizados	Nº casos
Tres	58 (23,2%)
Dos	181 (72,4%)
Uno	11 (4,4%)

8.1.4. Respuestas a la neuroestimulación.

Las respuestas motoras específicas fueron evidentes, para el CL en 239 casos (95,6%); para el CP en 217 casos (86,8%) y para el CM en 174 casos (69,6%). (Tabla V)

Tabla V. Respuestas motoras a la neuroestimulación

	Nº casos
Cordón lateral	239 (95,6%)
Cordón posterior	217 (86,8%)
Cordón medial	174 (69,6%)

8.1.5. Anestésico Local utilizado.

La solución anestésica elegida en la mayoría de ocasiones fue: mepivacaína al 2% con bupivacaína al 0.5% en proporción 3:1, en 238 pacientes (95,2%). En 10 pacientes (4%), se usó mepivacaína al 1.5%. En 2 casos (0,8%) se optó por la mezcla mepivacaína 2% con bupivacaína 0.5% en la proporción 1:1. El volumen medio administrado fue de 15,63 ml ($\pm 3,99$ ml). El máximo de volumen utilizado fueron 20 ml y el mínimo de 6 ml (rango 14 ml) (Figura 22) (Tablas VI y VII).

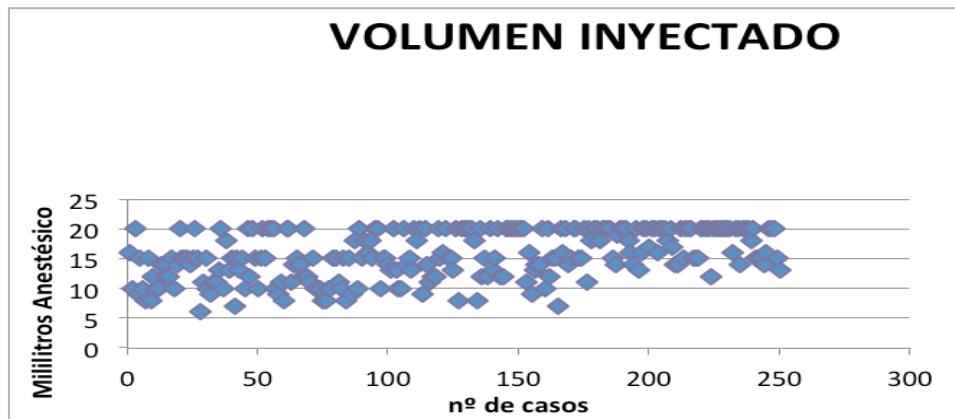


Figura 22. Volumen anestésico utilizado en el estudio.

Tabla VI. Frecuencias del volumen anestésico utilizado en los pacientes.

Mililitros anestésico	Pacientes	Frecuencia
6 ml	1	0,4%
7 ml	2	0,8%
8 ml	8	3,2%
9 ml	6	2,4%
10 ml	21	8,4%
11 ml	10	4%
12 ml	14	5,6%
13 ml	11	4,4%
14 ml	18	7,2%
15 ml	45	18%
16 ml	10	4%
17 ml	2	0,8%
18 ml	11	4,4%
19 ml	1	0,4%
20 ml	90	36%

Tabla VII. Descriptiva del volumen de anestésico utilizado.

Valor medio (SD)	Valor máximo	Valor mínimo
15,63 ml ($\pm 3,995$ ml)	20 ml	6 ml

8.1.6. Eficacia de la técnica.

El bloqueo fue eficaz en 242 pacientes (96,8%) y falló en 8 pacientes (3,2%), que requirieron AG con intubación traqueal o mascarilla laríngea.

Tabla VIII. Eficacia de la técnica

Nº de casos	Bloqueo eficaz	Bloqueo fallido
250	242 (96,8%)	8 (3,2%)

8.1.7. Aplicaciones quirúrgicas.

Las intervenciones quirúrgicas realizadas, correspondieron a procesos sobre el miembro superior. (Tabla IX).

Tabla IX. Intervenciones efectuadas según localización anatómica.

Nº	REGIÓN	INTERVENCIÓN	Nº CASOS
1	BRAZO	Reinserción Músculo Bíceps	5
2		Osteosíntesis de humero	1
3		Neuropatía Cubital/Radial	13
4		Cirugía/Artrolisis Artroscópica	15
5		Osteosíntesis de Codo	10
6		Ligamentoplastia	5
7		Prótesis de Codo	3
8		Osteotomía	1
9	ANTEBRAZO	Osteosíntesis Cúbito/Radio	59
10		Osteotomía Cúbito /Radio	5
11		Neurolisis Interóseo Radial	2
12		Microcirugía reconstructiva	2
13		Extracción Osteosíntesis	3
14	MUÑECA/MANO	Cirugía Artroscópica Muñeca	42
15		Osteosíntesis carpo/metacarpo	35
16		Artrodesis Muñeca/Dedos	13
17		Sinovectomias muñeca/dedos	12
18		Ligamentoplastias	12
19		Carpectomía	4
20		Artrolisis Muñeca	3
21		Tenolisis / Tenorrafias	3
22		Prótesis interfalángica	1
23		Capsulodéisis dedos	1
		TOTAL	250

8.1.8. Tiempos Quirúrgicos.

La duración media de las intervenciones fue de 87,6 min ($\pm 37,2$ min), siendo el menor de los tiempos quirúrgicos 20 min y el máximo de 255 min. En 30 casos se sobrepasaron los 120 minutos desde la incisión quirúrgica, tiempo a partir del cual los pacientes manifestaron cierta intranquilidad por la posición mantenida. Fue necesario en estos casos sedación complementaria, con dosis adicionales de midazolam en fracciones de 0,5 mgrs. En tales circunstancias se monitorizó el CO₂ espirado para mantener el control de una respiración espontánea adecuada.

8.1.9. Reversión del Bloqueo.

La reversión de los efectos anestésicos en su componente motora, tuvo una duración media de 248,1 min ($\pm 61,88$ min). La recuperación sensitiva se estimó a los 228,76 min ($\pm 54,04$ min) de media. La solicitud de primera analgesia por el paciente, se produjo a los 289,81 minutos ($\pm 118,52$ minutos). En 11 (4,4%) casos no se requirió analgesia alguna. En 2 casos (0.8%), se instauraron catéteres, para la anestesia, en intervenciones de larga duración (microcirugía reconstructiva).

8.2. COMPARATIVOS

8.2.1. **Posición de los cordones:** La localización sectorial de los cordones se muestra en las Tablas X-XVI y las Figuras 23-27.

a. Cordón lateral:

Tabla X. Tabla de frecuencias de la posición sectorial del cordón lateral.

Sector	Frecuencia cordón lateral
1	1 (0,4 %)
2	126 (50,4 %)
10	9 (3,6 %)
11	114 (45,6 %)

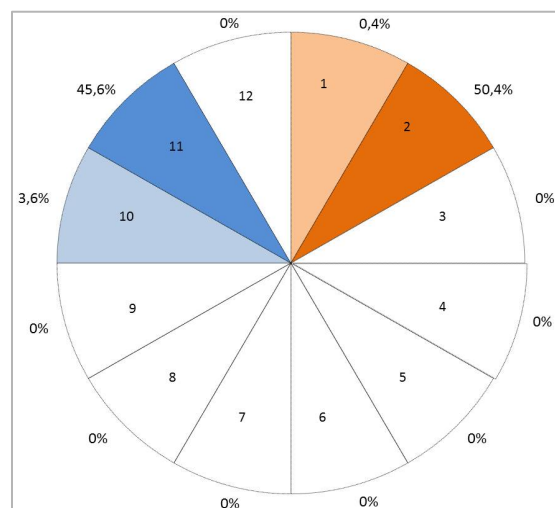


Figura 23. Disposición del cordón lateral. Sectores 11 y 10, corresponden al plexo del lado derecho. Sectores 1 y 2, corresponden al plexo del lado izquierdo.

b. *Cordón posterior*

Tabla XI. Tabla de frecuencias de la posición sectorial del cordón posterior.

Sector	Frecuencia cordón posterior
4	38 (15,2 %)
5	21 (8,4 %)
6	87 (34,8 %)
7	65 (26 %)
8	28 (11,2 %)
9	11 (4,4 %)

Se han encontrado sectores que están compartidos entre el plexo braquial del lado derecho e izquierdo, por lo que se ha separado este cordón posterior en, posterior derecho (Tabla XII y Figura 24) y posterior izquierdo (Tabla XIII y Figura 25):

Tabla XII. Tabla de frecuencias de la posición sectorial del cordón posterior derecha.

Sector	Frecuencia cordón posterior derecho
5	2 (0,8 %)
6	20 (8 %)
7	64 (25,6 %)
8	26 (10,4 %)
9	11 (4,4 %)

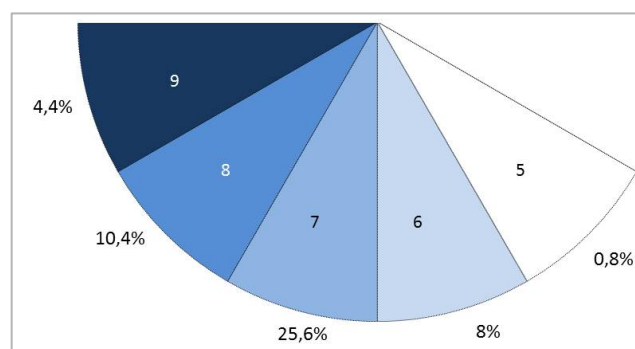


Figura 24. Disposición del cordón posterior derecho.

Tabla XIII. Tabla de frecuencias de la posición sectorial del cordón posterior izquierdo.

Sector	Frecuencia cordón posterior izquierdo
4	38 (15,2 %)
5	19 (7,6 %)
6	67 (26,8 %)
7	1 (0,4 %)
8	2 (0,8 %)

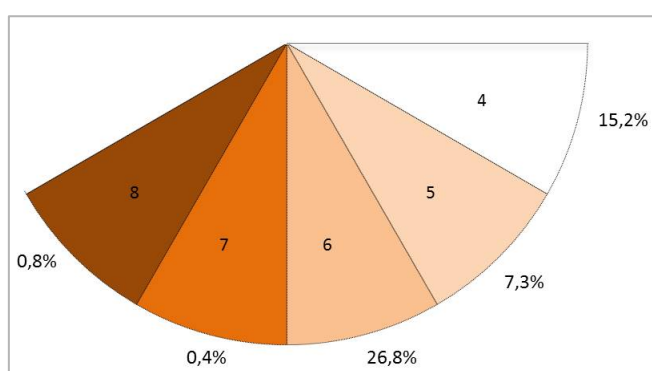


Figura 25. Disposición del cordón posterior izquierdo.

c. Cordón medial:

Tabla XIV. Tabla de frecuencias de la posición sectorial del cordón medial.

Sector	Frecuencia cordón medial
3	19 (7,6 %)
4	56 (22,4 %)
5	22 (8,8 %)
6	48 (19,2 %)
7	18 (7,2 %)
8	43 (17,2 %)
9	36 (14,4 %)
10	8 (3,2 %)

Igualmente se ha encontrado, que algunos sectores comparten la posición del CM tanto si se trata del plexo del lado izquierdo como del plexo del lado derecho, por lo que se ha separado este CM en medial derecha (Tabla XV y Figura 26) y medial izquierda (Tabla XVI y Figura 27):

Tabla XV. Tabla de frecuencias de la posición sectorial del cordón medial derecho.

Sector	Frecuencia cordón medial derecho
3	19 (7,6 %)
4	56 (22,4 %)
5	15 (6 %)
6	23 (9,2 %)
7	3 (1,2 %)
8	7 (2,8 %)

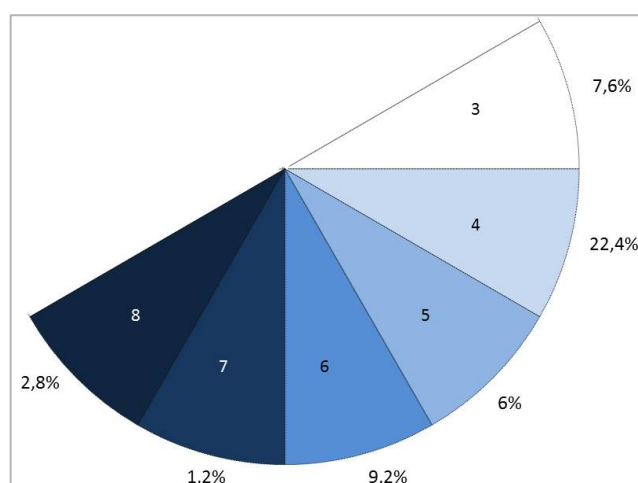
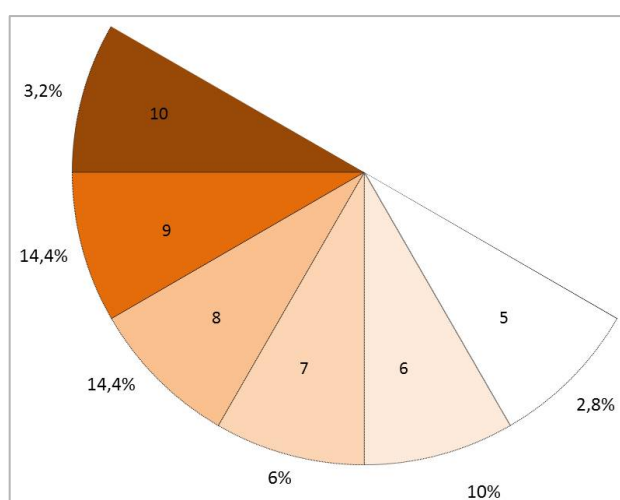


Figura 26. Disposición del cordón medial derecho.

Tabla XVI. Tabla de frecuencias de la posición sectorial del cordón medial izquierdo.

Sector	Frecuencia cordón medial izquierdo
5	7 (2,8 %)
6	25 (10 %)
7	15 (6 %)
8	36 (14,4%)
9	36 (14,4 %)
10	8 (3,2 %)



a

Figura 27. Disposición del cordón medial izquierdo

8.2.2. Patrones topográficos.

A tenor de la posición sonográfica de los tres cordones en conjunto, se pueden establecer 5 patrones topográficos diferentes con la siguiente designación: 1 Clásico, 2 Semirrotado, 3 Atípico, 4 Apilado y 5 Opuesto (Tabla XVII y Figura 28).

- **Patrón “Clásico”.** Coincide con el descrito en los libros de texto de anatomía. El CL en la parte superior y lateral de la arteria. El CP dorsal a la arteria. El CM entre la arteria y la vena axilar. Fue el patrón mas frecuentemente encontrado, en 149 pacientes (59,6%).
- **Patrón “Semirrotado”.** El CL no variaba su posición. El CP se encontraba en la parte inferior y lateral de la arteria. El CM se encontraba en la parte dorsal de la arteria. Aparentaba una rotación incompleta de los cordones en su descenso hacia la axila. Fue verificado en 68 pacientes (27,2%).
- **Patrón “Atípico”.** Los cordones no guardaban apenas semejanza con la descripción clásica, salvo el CL que al igual que los patrones anteriormente descritos mantenía su posición constante. El CP se localizó en la parte inferior y lateral de la arteria. El CM en el lado opuesto al posterior, en la parte inferior y medial de la arteria. Mostró una incidencia de 15 pacientes (6%).
- **Patrón “Apilado”.** Los cordones se encontraban en el mismo lado de la arteria, uno encima del otro. Guardaban siempre un orden secuencial, con el CL más superficial, el CM más profundo y en medio de ambos el CP. Se halló en 14 pacientes (5,6%).

- **Patrón “Opuesto”**. Así denominado al hallar al CP ocupando una zona completamente opuesta al CL, con respecto a la arteria. El CL se mantenía superior y lateral, el CP estaba inferior y medial a la arteria. El CM ocupaba su posición habitual, entre la arteria y la vena. Se observó únicamente en 4 pacientes (1,6%)

Tabla XVII. Distribución de los patrones por frecuencias.

	Frecuencia (%)
1 Clásico	149 (59,6%)
2 Semirrotado	68 (27,2%)
3 Atípico	15 (6%)
4 Apilado	14 (5,6%)
5 Opuesto	4 (1,6%)

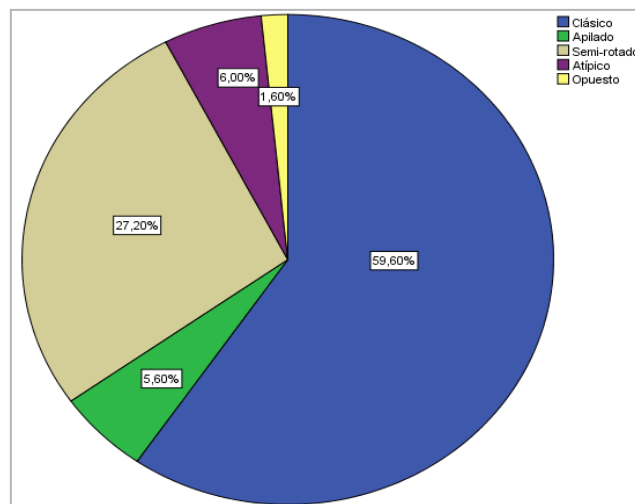


Figura 28. Gráfico sectorial de los diferentes patrones por frecuencias.

Los patrones descritos, según la lateralidad, derecha (D) o izquierda (Z), del miembro en cuestión, presentaron las siguientes frecuencias (Tabla XVIII y Figura 29).

Tabla XVIII. Frecuencia de los patrones según la lateralidad

	Frecuencia patrones
1 D	79 (31,6 %)
1 Z	70 (28 %)
2 D	28 (11,2 %)
2 Z	40 (16 %)
3 D	4 (1,6 %)
3 Z	11 (4,4 %)
4 D	7 (2,8 %)
4 Z	7 (2,8 %)
5 D	2 (0,8 %)
5 Z	2 (0,8 %)

D= Derecha Z= Izquierda

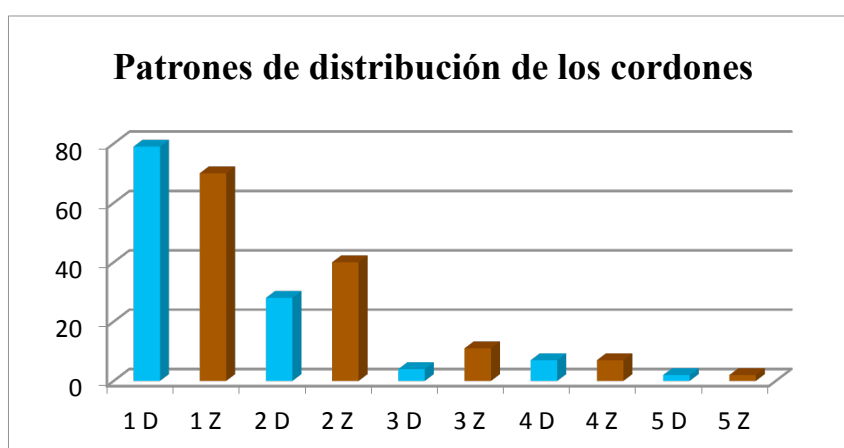


Figura 29. Gráfico de columnas con las frecuencias de los patrones.

Azul: derecha. Marrón: izquierda

8.2.3. Representación gráfica de los patrones

- **PATRÓN CLÁSICO.** Fue la distribución topográfica más frecuente encontrada (Figura 30).

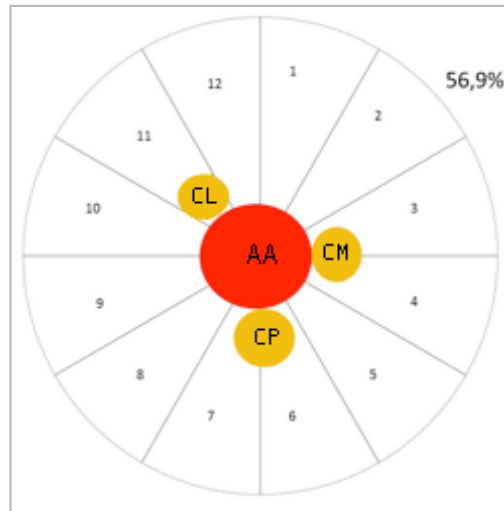


Figura 30: Esquema del patrón clásico, sin tener en cuenta la lateralidad.
CL: Cordón Lateral; CP: Cordón posterior, CM: Cordón medial, AA: arteria axilar.

- **PATRÓN SEMIRROTADO,** Tuvo una incidencia del 27,2% de los casos (Figura 31):

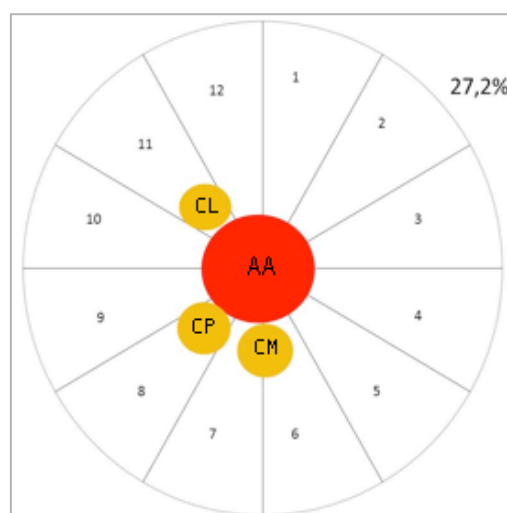


Figura 31: Esquema del patrón semirrotado. CL: Cordón lateral;
CP: Cordón posterior; CM: Cordón medial; AA: arteria axilar

- **PATRÓN ATÍPICO.** Con una incidencia del 6% (Figura 32).

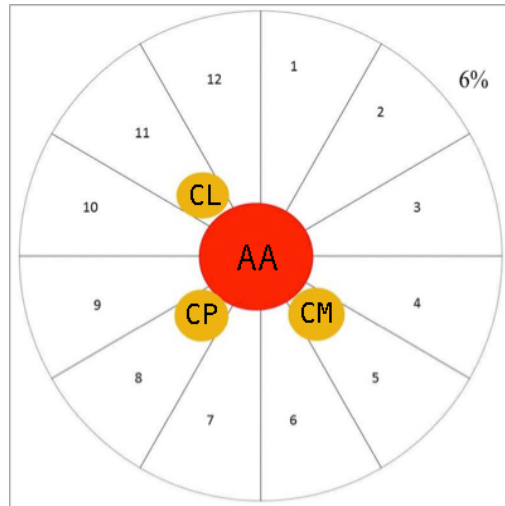


Figura 32: Esquema del patrón atípico. CL: Cordón lateral; CP: Cordón posterior; CM: Cordón medial; AA: arteria axilar.

- **PATRÓN APILADO.** Detectado en el 5,6 % de los casos (Figura 33).

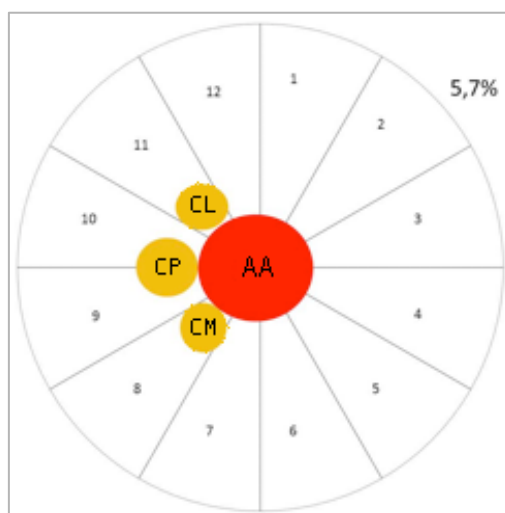


Figura 33: Esquema del patrón apilado. CL: Cordón lateral; CP: Cordón posterior; CM: Cordón medial; AA: arteria axilar

- **PATRON OPUESTO.** Con una escasa incidencia del 1,6% (Figura 34).

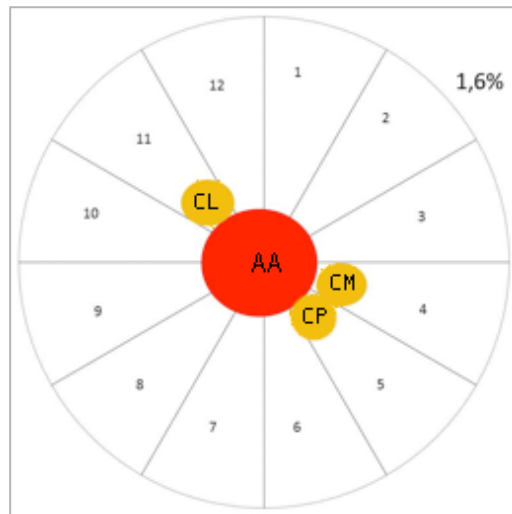


Figura 34: Esquema del patrón opuesto. CL: Cordon lateral; CP: Cordon posterior; CM: Cordon medial; AA: arteria axilar.

8.2.4. Profundidad de los cordones e IMC.

Se intenta comprobar si el IMC corporal tiene relación con la profundidad a la que se encuentran los cordones desde la piel. Para ello se realiza una prueba Chi-cuadrado mediante el programa estadístico SPSS 20.0[®]. Se consideraron diferencias estadísticamente significativas aquellas con un valor de $p < 0,05$.

- Comparando el IMC, ($25,8 \text{ kg/m}^2 (\pm 3,4 \text{ kg/m}^2)$), con la profundidad del CL ($2,55 \text{ mm} (\pm 0,365 \text{ mm})$), se obtiene una significación estadística de **$p=0,003^*$** .

- Comparando igualmente con la profundidad del CP: (3,38 mm ($\pm 0,463$ mm)), siendo el resultado obtenido igualmente significativo, con un valor de **p=0,007***.
- Comparando el mismo parámetro con la profundidad del CM: (3,12 mm ($\pm 0,448$ mm)), obtenemos un valor de p=0,356.

Se puede afirmar a la vista de estos resultados, que el IMC influye significativamente en la profundidad, con respecto a la piel, a la que se encuentran el CL y el CP, no teniendo influencia estadísticamente significativa en la profundidad del CM. (Tabla XIX).

Tabla XIX. Resultados mediante el test Chi-cuadrado en las comparativas del IMC respecto a la profundidad del cordón lateral, posterior y medial.

	Media (SD)	Chi-cuadrado
IMC vs Lateral	25,8 ($\pm 3,4$) kg/m ² 2,55 ($\pm 0,365$) mm	p=0,003*
IMC vs Posterior	25,8 ($\pm 3,4$) kg/m ² 3,38 ($\pm 0,463$) mm	p=0,007*
IMC vs Medial	25,8 ($\pm 3,4$) kg/m ² 3,12 ($\pm 0,448$) mm	p=0,356

8.2.5. Relación volumen de anestésico con fallo técnica.

En este apartado se intenta determinar si los 8 casos fallidos están relacionados con el menor volumen administrado de anestésico. Para ello, se realizó igualmente un test Chi-cuadrado para determinar la relación entre estas dos variables.

- Volumen medio administrado en los 250 casos: 15,63 ml ($\pm 3,99$ ml). El máximo de volumen utilizado fueron 20 ml y el mínimo de 6 ml (rango 14 ml).
- Volumen medio administrado en los 8 casos fallidos: 16,75 ml ($\pm 3,31$ ml). El máximo volumen fueron 20 ml y el mínimo 12 ml (rango 8 ml)
- Los resultados arrojan un valor del test estadístico de $p=0,220$, no mostrando significación estadística entre estos valores analizados. (Tabla XX)

Tabla XX. Relación mediante el test Chi-cuadrado de los casos fallidos con respecto al volumen administrado.

Nº casos	Volúmenes	Volumen Medio (SD)	Chi-cuadrado
242 Eficaz	20-6ml (rango 14ml)	15,63ml ($\pm 3,99$ ml)	
8 Fallidos	20-12ml (rango 8ml)	16,75ml ($\pm 3,31$ ml)	p=0,220

8.2.6. Duración del bloqueo anestésico.

Se intenta determinar si el volumen administrado de anestésico influye en el tiempo de reversión motora, reversión sensitiva y la solicitud de primera analgesia. Para ello utilizamos el test Chi-cuadrado para ver la relación entre estas variables. En esta determinación vemos que el volumen administrado con respecto al tiempo de reversión motora (248,09 min ($\pm 61,884$ min)) no tiene significación estadística ($p=0,145$). Con respecto al tiempo de la reversión sensitiva (228,76 min ($\pm 54,047$ min)) sí que se han encontrado diferencias estadísticamente significativas (**$p<0,001$**). Y con relación al tiempo de solicitud de primera analgesia (289,81 min ($\pm 118,526$ min)), los resultados obtenidos no mostraron diferencias estadísticamente significativa ($p=0,547$) (Tabla XXI).

Tabla XXI. Relación entre el volumen de anestésico local inyectado y la reversión anestésica y analgésica.

	Media (SD)	Chi-cuadrado
Volumen vs Rev. Motora	15,63 ml ($\pm 3,99$ ml) 248,09 min ($\pm 61,884$ min)	$p=0,145$
Volumen vs Rev. sensitiva	15,63 ml ($\pm 3,99$ ml) 228,76 min ($\pm 54,047$ min)	$p<0,001^*$
Volumen vs Primera analgesia	15,63 ml ($\pm 3,99$ ml) 289,81 min ($\pm 118,526$ min)	$p=0,547$

8.2.7. Anestésico local y reversión del bloqueo

Para comprobar si el anestésico utilizado: mepivacaína 1,5% o la mezcla mepivacaína 2% con bupivacaína 0.5%, influye en el tiempo de reversión motora, sensitiva y solicitud de primera analgesia, se realizó una comparativa mediante el test Chi-cuadrado. En esta determinación vemos que el anestésico utilizado, con respecto al tiempo de reversión motora, no tiene significación estadística con un resultado de $p=0,831$. Con respecto al tiempo de la reversión sensitiva, tampoco se encontraron diferencias estadísticamente significativas con un valor de $p=0,545$. Y en cuanto a la solicitud de primera analgesia, los resultados obtenidos no mostraron diferencias estadísticamente significativas, valores de $p=0,980$ (Tabla XXII).

No se tuvo en cuenta en la comparativa la opción anestésica mepivacaína 2% con bupivacaína 0.5%, con tan solo 1 caso, debido a la escasa frecuencia presentada en el grupo de estudio.

Tabla XXII. Relación entre el tipo de anestésico utilizado con la reversión anestésica y analgésica.

	Media (SD)	Chi-cuadrado
Anestésico vs Rev. motora	248,09 min ($\pm 61,884$ min)	$p=0,831$
Anestésico vs Rev. sensitiva	228,76 min ($\pm 54,047$ min)	$p=0,545$
Anestésico vs Primera Analgesia	289,81 min ($\pm 118,526$ min)	$p=0,980$

En relación a las complicaciones acaecidas durante todo este estudio con el BICPS, confirmamos que no observamos ningún caso de punción arterial ni de inyección intravascular accidental. Ninguno de los pacientes tuvo signos de toxicidad sistémica, bloqueo prolongado o síntomas sugestivos de lesión nerviosa consecuentes al bloqueo anestésico. Tampoco se detectaron síntomas de neumotórax, bloqueo del nervio frénico, del recurrente laríngeo o del ganglio estrellado. Isquemia del miembro fue practicada de forma habitual, aplicando el torniquete en el tercio proximal del brazo. La tolerancia fue notablemente mejor que la obtenida habitualmente con el BA.

9. DISCUSIÓN

La ecografía técnica visual, desarrollada y utilizada casi exclusivamente por los radiólogos inicialmente con fines diagnósticos, ha tenido una eclosión en los últimos 10-12 años, llegando a todas las especialidades médicas y ampliando su aplicación a usos terapéuticos con US de alta intensidad (HIFU: high intensity focused ultrasound), en la ablación de tumores ¹⁶⁹, hemostasia ¹⁷⁰, procedimientos cardiacos ¹⁷¹ y ciertos tratamientos oculares ¹⁷². En Anestesiología tiene su principal utilidad en los bloqueos de nervios periféricos, para el tratamiento del dolor y para la canalización de vías venosas centrales e incluso periféricas en casos difíciles ¹⁷³. Aunque ha habido cierta resistencia en reconocerla como la herramienta ideal para múltiples procedimientos, ha ido ganado adeptos paso a paso, siendo considerada en la actualidad imprescindible por la confianza y seguridad que aporta. Es manifiesto el interés que la ecografía ha despertado entre los anestesiólogos, como se comprueba en las numerosas jornadas, talleres y cursos de formación que se convocan, así como de innumerables publicaciones en revistas científicas. Dos son las barreras a superar para su definitiva generalización en la práctica diaria, la disponibilidad de equipos y la supuesta dilatada curva de aprendizaje, que como se ha comprobado con procedimientos simulados en los no iniciados, puede superarse con rapidez y precisión ^{165,166,167,168,174}.

La visualización directa del plexo braquial por medio de la ecografía ya había sido reportada a mediados de los años 90 ^{175, 176, 177}. Posteriormente con la aparición de sondas de alta frecuencia (6-13 MHz), un análisis riguroso del

curso del plexo braquial desde la región cervical a la axila ha podido ser evaluado con exactitud por Demondion X, et al, ¹⁴⁸. El estudio lo realizaron en 12 voluntarios sanos, correlacionando las imágenes sonográficas, con secciones anatómicas realizadas en el mismo plano, de 4 cadáveres. Utilizaron como puntos de referencia para el mapeo la arteria subclavia y la cervical profunda. La raíz C8 y la T1, fueron las más difíciles de identificar debido a la profundidad de localización. Confirmaron que la técnica requería un alto nivel de conocimientos de anatomía y constataron ciertas dificultades de identificación en individuos con cuello corto. Así pues, la sonografía parece ser una interesante herramienta para valorar y mapear el plexo braquial.

9.1. CARTOGRAFÍA DEL PLEXO BRAQUIAL INFRACLAVICULAR

La contribución fundamental de los US con respecto a las técnicas “ciegas” utilizadas hasta ahora, es la visión en tiempo real del procedimiento anestésico. Esta ventaja resulta particularmente relevante en el BIC, una de las técnicas menos prodigadas hasta ahora del miembro superior. Las sondas de alta resolución resultan particularmente útiles para determinar la anatomía de la región infraclavicular, para identificar las diferentes estructuras de relevancia (nervios, pleura, vasos) y con ambas transformar a este bloqueo en más seguro y fácil de realizar ^{155,178}. La apariencia hipoecoica de los nervios del PB en la región mas proximal (Interescalénica y Supraclavicular) son algo distintos por debajo de la clavícula, donde los cordones adquieren un aspecto mas hiperecoico, debido probablemente a la cantidad de tejido conectivo dentro del epineuro en las regiones mas

distales del PB ¹⁷⁹ . En la visión transversal a este nivel, los cordones están dispuestos de la siguiente manera, rostral el lateral, caudal el medial y dorsal a la arteria axilar el posterior ¹⁵⁵ .

Así pues la localización e identificación de los cordones, el control de paso de la aguja y la inyección controlada del anestésico, son determinantes para un bloqueo exitoso y sin complicaciones. A pesar de lo cual en ocasiones los bloqueos ecoguiados aún fallan^{180,181}, lo que podría explicarse por la ausencia de la tercera dimensión, hasta ahora utilizamos ecógrafos bidimensionales, y sobre todo por las frecuentes variaciones anatómicas, cuando no son detectadas.

Las variaciones anatómicas son mas frecuentes de lo que los anesthesiólogos nos imaginábamos. Pueden presentarse tanto a nivel de las raíces, troncos, divisiones, cordones y ramos terminales ^{32,33}. Su existencia ha sido expuesta en diferentes tratados y artículos ^{182 , 183 , 184} y en numerosas publicaciones sobre disecciones anatómicas ^{185,186,187,188,189,190} . Así por ejemplo, los troncos primarios del PB ubicados en el surco interescalénico en las descripciones clásicas, solo son reconocidos en esta disposición en el 60% de las disecciones anatómicas ¹⁹¹. La misma región explorada con US en 27 voluntarios y 46 pacientes, revela al menos una variación en el 49% de los casos ¹⁹². Como consecuencia de las mismas se asocia, la vulnerabilidad del nervio durante su abordaje y la posibilidad de punción de estructuras no deseadas.

A nivel infraclavicular, la más común de ellas, afecta a las diferentes posiciones que pueden adoptar los cordones alrededor de la arteria axilar

¹⁹⁰. Así se han observado en alrededor del 13% de las disecciones en cadáveres (13,2% en hombres y 10.7% en mujeres). Lo que podría explicar el 11,5% de fallos de este bloqueo con técnicas exclusivas de neuroestimulación ¹⁴⁰.

Hay casos documentados en los que los tres cordones están laterales ¹⁹³, o fusionados como un elemento único lateral a la arteria ¹⁹⁴. También son frecuentes las comunicaciones entre el nervio musculocutáneo y el nervio mediano ^{185, 186, 188,195}. Otras más raras son posiciones atípicas del cordón lateral y posterior, atribuidas a fallos en la unión de las divisiones del plexo durante el periodo embrionario ¹⁹⁶. En un 2,5-4% de los casos la raíz T_{II} se incorpora al plexo braquial y en muchas disecciones de cadáveres se ha comprobado que el tronco posterior no existe ¹⁹⁷. Un par de cordones uno grande y otro pequeño puede reemplazar al patrón normal de tres componentes ¹⁸². Otras variaciones descritas incluyen fallo de T_I en la contribución del cordón posterior; o que T_I sea el único componente del cordón medial. Casos de formación de un simple cordón han sido publicados ¹⁹⁸. Igualmente se han citado variaciones vasculares como una arteria axilar doble, o ramas procedentes de la arteria subclavia como la circunfleja humeral, la circunfleja escapular y la toracodorsal, que normalmente se presentan más distales ¹⁰. Tienen el riesgo de punción accidental con el consiguiente hematoma, e inyección intravascular.

La mayoría de estas publicaciones fueron realizadas en disecciones anatómicas, lo que puede diferir de estudios in vivo. La preparación y embalsamamiento de los cadáveres, los cambios de volumen de los vasos

próximos a las estructuras nerviosas, la separación de los tejidos especialmente la grasa durante la disección, etc., todos ellos modifican la anatomía. Además la posición del miembro en los cadáveres, puede variar de las usadas para el bloqueo nervioso en el vivo.

Los US han demostrado ser útiles en pacientes con variaciones anatómicas¹¹². Su aplicación en este sentido ofrece un nuevo enfoque tanto en los bloqueos periféricos como en la canalización vascular (venosa y arterial), que con los métodos de localización no visuales no era posible detectar³². Considerar la posibilidad de cualquier variante, será fundamental para llevar a cabo una punción más precisa y reducir la vulnerabilidad de los nervios y los vasos¹⁹⁰.

En el presente estudio del BICPS con 250 pacientes, se combinó la imagen ecográfica con las respuestas motoras a la neuroestimulación, para ratificar la entidad de los cordones y su posición con respecto a la arteria axilar. Lo que hasta ahora no había sido publicado. Se obtuvieron cinco diferentes patrones topográficos, que pueden servir de orientación para su localización visual y para planificar el abordaje utilizando el método asociado US/NS. Se podrán así evitar pases infructuosos de la aguja, y realizar la infiltración selectiva de cada cordón, lo que predice un bloqueo exitoso, y reduce el volumen de AL necesario.

La arteria axilar es la referencia clave en el BICPS y en todos nuestros casos fue fácilmente detectada. Con la vena ocurrió exactamente igual, aunque en pacientes con escaso desarrollo de los músculos pectorales, el simple posicionamiento de la sonda sobre la piel, fácilmente la colapsaba.

En ocasiones se observaron imágenes hipoecoicas redondeadas en proximidad con el cordón lateral o en la parte superior de la arteria axilar que planteaban dudas sobre identidad. Mediante la función “doppler color” o “doppler potencia” del ecógrafo, se comprobaron que se trataba de estructuras vasculares y se etiquetaron como la vena cefálica y/o la arteria toracoacromial. De importancia para evitar su punción accidental. Hubo 2 casos (0.8%) en los que la arteria axilar era doble.

La visualización en una única ventana sonográfica de los tres cordones, solo fue factible en 58 casos (23,2%) (Tabla IV), lo que coincide con los hallazgos de Di Filippo et al ¹⁵⁶. Para el resto de los 192 casos, hubo que utilizar dos o tres ventanas diferentes. La región infraclavicular no ofrece un plano horizontal uniforme, sino inclinado en mayor o menor grado, dependiendo de la complexión del paciente, el grado de convexidad costal y la masa muscular. Machi A et al ¹⁹⁹ y Sandhu NS et al ²⁰⁰, localizan los tres cordones en el 99% de los casos, aunque no especifican el número de ventanas necesario.

Observamos en el presente trabajo que los cordones no siempre mantienen las posiciones habituales con respecto a la arteria axilar, a las que deben su nombre (lateral, posterior y medial), como están descritas en los textos clásicos de anatomía ^{201,202}, en investigaciones con RMN ^{92,203,204} o en estudios que asocian disecciones anatómicas con imágenes de sonografía ¹⁴⁸. Es decir el “patrón clásico” a nivel retropectoral menor, fue reconocido solo en 149 casos (59,6%). En los restantes 101 casos (40,4%) los

cordones estaban alrededor de la arteria, pero ocupaban posiciones diferentes. Así sucedió especialmente con los cordones posterior y medial, en tanto que el cordón lateral permanecía invariablemente en la región supero-lateral de la arteria. No obstante siempre prevalecía un orden topográfico, con sentido horario o anti-horario, según la lateralidad: el cordón lateral estaba rostral y mas superficial, el cordón medial caudal o mas profundo y el cordón posterior entre ambos. Lo que podría ser interpretado como diferencias en los grados de rotación del plexo, en su descenso hacía la axila, aunque también pudiera estar influenciado con el manejo del transductor. Pequeñas transiciones en el posicionamiento, en la angulación o en la presión ejercida para un mejor contacto, pueden dar lugar a ventanas ecogénicas distintas. En cualquier caso los cordones se encontraban en sectores posicionales diferentes a lo esperado y así hubo que abordarlos. Quizás desde un punto de vista anatómico estas diferencias posicionales no deban denominarse estrictamente variaciones anatómicas, pero si podrían entenderse como “variantes sonoanatómicas” que pueden representar una evitable causa de fallo del BICPS guiado con US.

A tenor de estas diferentes posiciones y una vez confirmada la identidad específica de cada uno de ellos, mediante la respuesta motora al estímulo con NS, establecimos los siguientes patrones topográficos (Figuras 30 - 34), que fusionamos en la Figura 35:

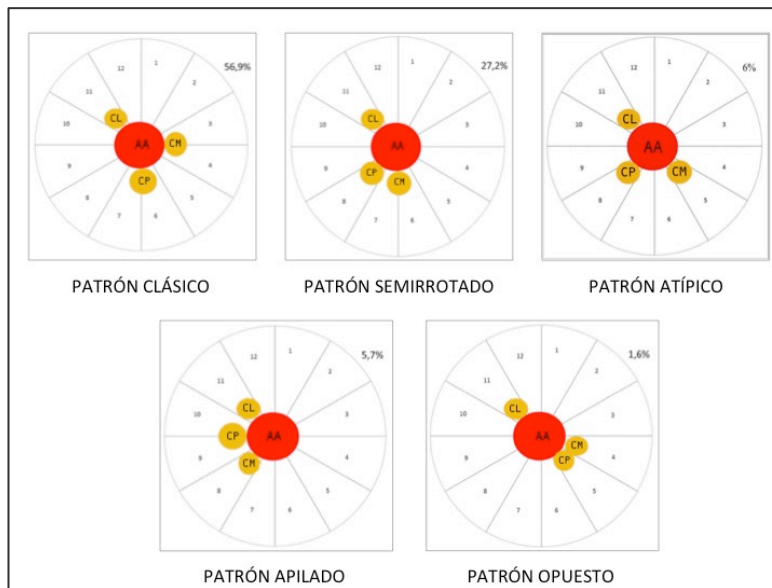


Figura 35. Cartografía de los patrones topográficos encontrados

- Patrón “clásico o típico”, presente en el 59,6% de los casos.
- Patrón “semirrotado”, determinado en el 27,2% de los casos.
- Patrón “atípico”, visto en el 6,1% de los casos.
- Patrón “apilado”, encontrado en el 5,7% de los casos.
- Patrón “opuesto”, presencia tan solo del 1.6% de los casos.

Conocer estas posibles disposiciones de los cordones, hará mas probable y seguro este abordaje.

La mejor efectividad y extensión de este abordaje, relacionada con la respuesta evocada del cordón posterior, cuando se utilizaba la NS como único método de localización^{205, 206}, no parece tan probable con algunos de los patrones encontrados, como el “atípico” y el “opuesto”. En ambos, la inyección mas cercana al CP puede tener dificultades para alcanzar a los

otros dos e incluso la arteria puede constituir una barrera dinámica que obstaculice la extensión del anestésico. Explicaría un bloqueo incompleto y la consiguiente anestesia complementaria.

Una alta variabilidad posicional de los cordones alrededor de la arteria, ya fue publicado por Di Filippo A, et al ¹⁵⁶, pero no utilizaron NS complementaria de confirmación. En el 20% de los casos no pudieron detectar la vena axilar y en el 8,9% observaron que el CL y el CM estaban juntos y ocupaban la posición mas alta de la arteria.

La comunicación entre el CL y el CM en nuestro estudio acaeció en 7 casos (2,8%), todas fueron en el “patrón apilado”. Lo admitimos cuando la respuesta del cordón lateral era la flexión de los dedos en lugar de cualquiera de las dos de sus componentes, flexión del brazo (nervio musculocutáneo) o pronación del antebrazo (ramo lateral del nervio mediano). Además en estos casos no conseguimos mas que dos respuestas de las tres buscadas.

9.2.RELACIÓN PROFUNDIDAD CORDONES E IMC

La profundidad de localización de los componentes del plexo a este nivel, fue una dificultad añadida para su detección y abordaje. Por encima de los 4 cm, la imagen ecográfica pierde resolución, por los principios físicos de los US cuando atraviesan las estructuras anatómicas (citados en la introducción), especialmente por el de “atenuación” y “dispersión” de los ecos. Además condiciona un mayor ángulo de inserción de la aguja, por

encima de los 60°, lo que repercute en la visión de esta. El ángulo óptimo de la aguja con respecto a la superficie de la piel, con una sonda lineal, se encuentra en el rango entre 30° y 45°. El rango mas habitualmente requerido en la clínica, oscila entre 30 y 60° ²⁰⁷. Cuando las circunstancias son desfavorables, se utiliza como ayuda, para identificar la posición de la punta de la aguja, la “hidrolocalización” ²⁰⁸. Inyección de pequeñas fracciones de suero fisiológico, AL o dextrosa al 5%. Aconsejable esta última, ya que permite mantener la función y respuesta motora, cuando se usa la combinación US/NS en los BNP ²⁰⁹, ²¹⁰. Una moderada correlación entre el IMC y el ángulo de inserción de la aguja ha sido publicada recientemente ²¹¹.

La distancia a la que identificamos el CP y el CM, realizando la medida desde la superficie de la piel, fueron más profundas (4,74 – 2,25 cm y 4,40 – 1,70 cm respectivamente), que para el cordón lateral (3,44 - 1,56 cm), el cual nunca se halló por encima de la longitud crítica (Tabla III). Datos que demuestran una relación significativa entre la profundidad de los cordones y las características antropométricas del paciente, para el CL y el CP, lo que coincide con el estudio de Di Filippo et al ¹⁵⁶. No hubo relación proporcional entre la profundidad del CM y el IMC.

La anestesia regional, especialmente los BNP, tiene una gran preponderancia en los pacientes obesos, teniendo en cuenta la tasa de complicaciones asociadas con la anestesia general ²¹². Aunque determinar las referencias anatómicas para aplicar métodos convencionales de localización nerviosa, es más complejo en estos pacientes y suele repercutir

en el porcentaje de éxitos. El uso de los US en tales pacientes representa una gran ayuda, a pesar de las condiciones adversas de la mayor profundidad de los nervios.

En este estudio, el IMC medio fue de $25,81 \text{ kg/m}^2$ ($\pm 3,4619$) con un máximo de 40 kg/m^2 y un mínimo de $18,7 \text{ kg/m}^2$ (rango 21,3) (Tabla II). Datos semejantes a los de Sandhu NS et al²¹³, que en su casuística de 1.146 casos, el 50% fueron obesos, con un IMC medio de $26,2 \pm 5,2 \text{ kg/m}^2$. Ellos utilizan de forma sistemática la sonda curvilínea (2-5 MHz), que no parece la mas apropiada en este BICPS, en pacientes con datos antropométricos estándar. Si puede ser una alternativa cuando la distancia de la piel a los cordones es mayor de 4 cm.

De nuestros pacientes, 137 (54,8%) tenían el IMC $>25 \text{ kg/m}^2$. En 22 (16,05%) el IMC estaba entre 30 y 35 kg/m^2 , cifras de obesidad leve. En 3 (2,18%), el IMC fue entre 35 y 39 kg/m^2 , valores de obesidad media. En un caso el IMC fue $>40 \text{ kg/m}^2$, que corresponde a obesidad mórbida. La colocación del brazo en posición neutra estirado y pegado al cuerpo, elegida por Marhofer et al¹⁵⁹ para este abordaje, se piensa acorta la distancia de la piel a los cordones, y parece muy oportuno en casos de obesidad. Bigeleisen P et al²¹⁴, comprueban que la abducción del brazo en 110° junto con rotación externa del hombro y el codo flexionado 90° , acercan el plexo a la superficie. A la misma conclusión habían llegado Ruiz et al²¹⁵, con la simple abducción bien de 45° o de 90° , en el abordaje vertical coracoideo. No obstante el resultado con respecto a la profundidad del PB es mínimo. El efecto clínico mas relevante de la abducción del

brazo, es un significativo desplazamiento cráneo-posterior de la clavícula, haciendo que esta casi desaparezca del camino de la aguja, a lo que se le ha denominado “Houdini clavicle” ²¹⁶. Maniobra que permite efectuar la punción de 2 a 4 cm cefálico a la sonda, lo que reduce a menos de 40° la angulación de entrada de la aguja, con respecto a la superficie de la piel, y por tanto mayor posibilidad de visualizarla ²¹⁶.

9.3. IDENTIFICACIÓN DE LOS CORDONES

La confirmación de la identidad de cada cordón, mediante su correspondiente respuesta a la neuroestimulación fue de gran valor, excluyendo las imágenes de tejido conectivo laxo que rodean los cordones ^{159,217}, de ecogenicidad similar a estos. Cuando detectamos imágenes sugestivas de un patrón “apilado”, la infiltración de AL con volúmenes reducidos y controlados evitó la extensión al cordón adyacente, lo cual mantuvo sus respuestas motoras con parámetros de NS standard. Volúmenes habituales de 5ml, en forma de bolus, pueden amortiguar o inhibir tales respuestas.

La NS exige un correcto reconocimiento de los músculos implicados en la respuesta y de los nervios responsables de las mismas. Se ha sugerido simplificarlo, basándose en los movimientos del 5º dedo, con el brazo en posición anatómica. El movimiento del meñique es lateral (pronación del antebrazo), cuando se estimula el CL; es posterior (extensión) cuando se trata del CP y es medial (flexión) cuando es el CM. Como regla

nemotécnica: el meñique siempre se mueve hacia el cordón estimulado ²¹⁸. Otra propuesta es observar los movimientos articulares (codo, muñeca) mejor que músculos individuales, lo que parece menos complicado y fácil de precisar. Es decir, movimientos en flexión del codo si se trata del CL, extensión del codo y/o muñeca cuando se estimula el CP y movimientos de flexión de dedos u oposición incluyendo movimientos del pulgar, cuando es el CM ²¹⁹. Este último modelo fue el que utilizamos en el presente estudio, por su simplicidad. También admitimos como representativo del CL, la pronación del antebrazo, soportada por la porción lateral del nervio mediano que forma parte de tal cordón. En ocasiones hubo que detenerse en la respuesta muscular, para identificar el nervio estimulado. Así ocurrió con el CP, cuando la NS desencadenaba movimientos bruscos del brazo, difíciles de precisar. La apreciación del músculo tríceps y/o su palpación fueron concluyentes en estos casos. Igual sucedió con la respuesta en flexión del codo mediada por el músculo braquiorradial, difícil de diferenciar a veces de la provocada por los flexores del brazo. Una respuesta que no fue tomada en consideración fue, la contracción del músculo deltoides, desencadenada al estimular la parte más lateral de la imagen hiperecoica del CP. Correspondía al componente circunflejo, pero planteaba dudas de llegar a incluir al componente radial, por el desplazamiento que la solución anestésica imprimía sobre el conjunto de este cordón.

En todos los casos intentamos obtener respuestas motoras, que identificaran a los tres cordones, lo que no siempre fue posible.

- **Cordón Lateral.** En 239 casos (95,6%) obtuvimos respuesta del nervio musculocutáneo o ramo lateral del mediano. En 7 casos (2,8%) la respuesta fue del componente medial del mediano (flexión de dos dedos), lo que etiquetamos como fusión del cordón lateral con el medial. En 11 casos (4,4%) no hubo ninguna respuesta.
- **Cordón Posterior.** La respuesta específica se evidenció en 217 casos (86,8%). No hubo respuesta en 33 casos (13,2%).
- **Cordón Medial.** En 174 casos (69,6%) fue manifiesta. No hubo respuesta motora en 76 casos (30,4%).

Cuando la respuesta de alguno de los cordones no se lograba, prescindimos de insistir en conseguirla y tras infiltrar los dos cordones identificados, se procedió a depositar el resto del volumen de AL en la zona dorsal de la arteria axilar. Estudios in vivo han demostrado que incluso teniendo contacto directo de la aguja con el nervio bajo US, la NS tiene un 13,5% de falsos negativos ¹¹³. En nuestro estudio la ausencia de respuesta motora fue más frecuente en el caso del cordón medial y en los patrones “atípico” y “opuesto”, que solía presentar una posición de más difícil acceso para el contacto con la punta de la aguja.

Inicialmente las imágenes del CP y del CM, pueden dejar dudas de su naturaleza por tener una definición mas difusa. Una vez inyectado el CL, el mas ostensible de los tres, la extensión de la solución anestésica modifica

la ecogenicidad de la zona y realza la hiperecogenicidad del CP. Tras infiltrar éste, sucede lo mismo con el CM. El efecto fue más notorio en el caso de los patrones “*apilado*” y “*semirrotado*”.

La mayoría de las publicaciones sobre el BIC utilizan exclusivamente los US ^{140,220,221,222,223,224,225,226}, posiblemente siguiendo la propuesta inicial de uso de esta herramienta como sustitutiva de la NS⁹⁶, y avalada por estudios iniciales que obtenían resultados semejantes con US exclusivamente, que con la asociación US/NS ^{113,114,115,116}. No obstante la combinación de ambas técnicas podría acercarnos a conseguir mejores los resultados, al descartar errores de identificación visual y de interpretación de la difusión circunferencial del AL ²²⁷.

La asociación de US/NS y doble respuesta en el BICPS se propone como más favorable que la respuesta única, tanto para el tiempo de latencia como para la extensión del bloqueo ²²⁸. Siendo previsible que la triple respuesta proporcione mayor bloqueo exitoso, como se ha probado en el BA ²²⁹.

9.4. VOLUMEN DE ANESTÉSICO LOCAL

El AL utilizado en la mayoría de nuestros casos, fue una combinación de mepivacaína al 2% y bupivacaína al 0.5%, en una proporción de 3:1, que da lugar a una disolución de mepivacaína al 1.5% y bupivacaína al 0,125%. Mezcla que habitualmente elegimos en los bloqueos del miembro superior y que proporciona una anestesia quirúrgica entre 150 y 200 minutos. Para intervenciones de duración más corta y sobretodo en cirugía ambulatoria,

optamos por la mepivacaína al 1.5%, omitiendo la bupivacaína, buscando más breve reversión del bloqueo, lo que permite valorar el control del dolor postoperatorio y proceder al alta hospitalaria en las mejores condiciones.

La punción con aguja calibre 22G previo habón cutáneo y bajo sedación vigil, hizo que la técnica fuera muy bien tolerada por el paciente. Casi todos los trabajos consultados emplean en este BICPS, agujas de Tuohy 17-18G, incluso en el paciente pediátrico ²³⁰, aduciendo mejor visualización sonográfica de la aguja.

Los volúmenes de AL administrados fueron individualizados e inyectados por el propio ejecutor de la técnica. El objetivo era circundar cada cordón, con un halo aparentemente suficiente de la solución anestésica.

Un aspecto visual llamativo observado con los US es el desplazamiento que la inyección del anestésico suele provocar a los nervios y que puede redundar en la eficacia del bloqueo. Así se ha observado comparando el modo de infiltración circunferencial alrededor del nervio ciático a nivel poplíteo, con la inyección simple tras contactar con el nervio. Las diferencias en el bloqueo sensorial son del 95% frente al 69% respectivamente ($p=0,010$), sin mayor consumo de tiempo de ejecución ni complicaciones asociadas a la técnica ²³¹. Hallazgo que refuerza la idea de intentar rodear al nervio, con un anillo de AL, como ya había propuesto De Jong RH ²³² en 1994 con los métodos de la época. Ahora, bajo visión con US, en tiempo real y con finos movimientos de la aguja a la vez que se

inyecta el AL, es viable y objetivable. Esta parece ser la clave para predecir un bloqueo exitoso²³³, habiéndose demostrado además disminución de las dosis de AL necesaria, menor número de pases de la aguja y reducción del tiempo de latencia^{227, 234}.

Efectivamente la práctica adoptada por la mayoría de los investigadores y aprobada por la American Society of regional Anesthesia and Pain Medicine y la European Society of Regional Anesthesia es, asegurar la difusión circunferencial del AL alrededor de los nervios²³⁵. En la actualidad en los bloqueos más proximales, como son los troncos primarios del PB, nervios monofasciculares y por tanto mas vulnerables ante una inyección intraneural, se cuestiona la necesidad de rodearlos. Parece suficiente depositar el AL a un solo lado del nervio, para asegurar los resultados¹⁰⁸.

La mayor precisión para depositar el AL en la proximidad del nervio, aportada por los US, ha permitido la reducción de los volúmenes necesarios, en un intento de aumentar la seguridad sin menoscabar la calidad del bloqueo^{234, 236, 237}. Así se ha comprobado en el BIE^{238, 239, 240}, en el BSC²⁴¹ y con el BA^{242, 243}. Accesos más periféricos, como el del nervio cubital a nivel del antebrazo también lo corroboran²⁴⁴. Los volúmenes bajos de AL limitan la extensión de sus efectos a otras estructuras próximas, caso del nervio frénico en el BIE o el paravertebral lumbar en el bloqueo del plexo lumbar posterior. Minimizan además el riesgo de eventos sistémicos consecuentes a la absorción sistémica o la inyección intravascular accidental^{245, 246}. Serradell et al²⁴⁷ examinaron la duración del bloqueo sensorial de diferentes volúmenes de mepivacaína al

1% (20, 28, y 36 ml), sin encontrar diferencias entre los tres grupos. Posiblemente, por encima de un determinado volumen umbral (o dosis) no haya diferencias o será mínima en cuanto a la duración del bloqueo sensorial. También es probable que AL como la ropivacaína, con algunas propiedades vasoconstrictoras intrínsecas y por tanto reducción del aclaramiento, tenga una mayor duración que aquellos que no tienen tal efecto o que son vasodilatadores ²⁴⁸ como la lidocaína.

En el BICPS era de esperar que con US exclusivamente o US/NS, también se redujera el volumen de AL a inyectar. A esta conclusión había llegado Koscielniak-Nielsen ZJ, en la revisión bibliográfica citada sobre los beneficios de los US en los BNP ²³⁴. Sin embargo, en la mayoría de las publicaciones encontradas relacionadas con este abordaje BICPS, el volumen utilizado apenas ha variado del usado con los métodos convencionales: 0,5ml/kg (mínimo 30 ml, máximo 50ml) ²⁴⁹.

- Lecours M et al ²⁵⁰ y Desgagnés MC et al ²⁵¹, inyectan 30 ml de mepivacaína al 1.5%.
- Bigeleisen P et al ²¹⁴ infiltran 10ml de la mezcla mepivacaína 0.75% con bupivacaína 0.25%, en cada cordón.
- Gürkan Y et al ¹¹⁵, Tran de QH et al ^{164,252} y Yazer MS et al ¹⁴² oscilan entre 30-35 ml de lidocaina 1% con levobupivacaína 0.5-0,75%, en proporción 2:1.
- Mariano ER et al ²⁵³, Taboada M et al, ²⁵⁴ y Akyildiz E et al ²²⁸, administran 40 ml, de mepivacaína 1.5% los dos primeros y de lidocaína 2% con levobupivacaína 0.5% el último.

- Tedore TR, et al ²⁵⁵, introducen entre 40-60 ml de mepivacaína 1.5%, en relación con el peso corporal.

Volúmenes que aparentan como elevados, que pueden superar en muchos casos las dosis máximas recomendadas, así como predisponer a toxicidad sistémica por anestésicos locales (TSAL).

El volumen mínimo eficaz (VME) en el 90% de los pacientes, inyectando dosis única de lidocaina 1.5% con adrenalina en el BICPS, se ha establecido en 35 ml [95% índice de confianza (CI), 30 - 37.5 ml] ²⁵⁶. Paradójicamente el VME95 estimado con ropivacaína 0.75% ha sido de 31 ml (95% CI, 18-45 ml); y el VME50 fue de 19 ml [95% (CI), 14–27] ²⁵⁷.

En nuestro estudio, el volumen medio utilizado fue 15,63 ml ($\pm 3,995$ ml), rango 6-20 ml (Tabla VI y VII), que representa una dosis media de 175,85 mgr de mepivacaína y de 18,75 mgr de bupivacaína. La mayor dosis administrada, cuando se inyectó el volumen máximo establecido de 20 ml, fue de 300 mgr de mepivacaína y 25 mgr de bupivacaína.

Pocas publicaciones utilizan volúmenes tan bajos en el BICPS.

- Sandhu NS et al ²⁰⁰ utilizando US y con aguja de Tuohy 17G, infiltra cada uno de los tres cordones perineuralmente, con 4 - 5 ml de lidocaína 2% con adrenalina. En total administran 12-15 ml.
- Jiang XB et al ²⁵⁸, establecen una dosis optima de 6 ml por cordón, (18 ml en total) de lidocaína 180 mgrs con ropivacaína 67,5 mgrs.

- Tres publicaciones de casos clínicos, para intervenciones que afectaban a más de un miembro, en donde se realizaron bloqueos múltiples, utilizaron excepcionalmente volúmenes de 20 ml en el BIC^{220, 259, 260}. El temor a una sobredosis y riesgo de TSAL, por la suma total de AL en todos los bloqueos aplicados, condicionó la reducción del volumen que habitualmente administraban en este bloqueo.

Existen discrepancias en cuanto al reajuste de los volúmenes de AL a inyectar en los BNP con US, respecto a los utilizados con los métodos convencionales.

Opiniones favorables manifiestan:

- Eren G et al²⁶¹, comprueban que reduciendo el volumen habitual de 0.5 ml/kg, ya sea con NS o con US, en un 30% (0.35 ml/kg) y usando US/NS asociados, se mantienen invariables ambos parámetros calidad y duración, sin suplementación analgésica alguna. Mientras que tanto en el grupo realizado con NS y dosis completa, como en el grupo US/NS y reducción del volumen al 50% (0.25 ml/kg) y 70% (0.15 ml/kg), fue necesaria la suplementación analgésica intraoperatoria, en el 20%, 25% y 40% de los casos respectivamente. Es decir la reducción de volumen tiene unos límites.
- González et al²⁶², investigaron tres diferentes concentraciones de lidocaína (1%, 1.5% y 2%) con adrenalina, en el BIC con US. Variando volúmenes: 52,5 ml, 35 ml y 26,25 ml, para mantener

constante la dosis total de 525 mgrs. No observaron diferencias significativas en el periodo de latencia ni en la anestesia quirúrgica conseguida (90.0%-96.7%).

Opiniones discordantes mantienen:

- Sandhu NS et al ²⁰⁰, confirman duración más corta con volúmenes bajos en el BIC.
- Duggan E et al ²⁶³, en el BSC utilizando el método “up and down” de Dixon and Massey ²⁶⁴, no aprecian diferencias entre los volúmenes requeridos con US y los recomendados con otras técnicas de localización nerviosa convencionales.
- Harper GK et al ²⁴², en el bloqueo axilar especulan que aumentando el volumen por encima de los habituales 2-4 ml/nervio, podría producirse mas rápido inicio del bloqueo y mas larga duración.
- Fredrickson et al ²⁶⁵, observan que 5 ml de ropivacaína al 0.75%, en el BIE conducen a un porcentaje inaceptable de fallos del 30%. Dosis mayores de AL, se asociaron con una analgesia prolongada, aunque los beneficios fueron relativamente escasos.
- Gupta PK y Hopkins PM ²⁶⁶, comprueban en el BSC, que la ED₅₀ de la bupivacaína, no es dependiente de la concentración. Si se disminuye la concentración, es necesario aumentar el volumen para conseguir el mismo efecto.

Hay que reconocer que no hay evidencia científica hasta la fecha, de que la reducción de volumen de AL en los BNP del miembro superior, consiga los mismos resultados que los volúmenes habituales. Si se ha constatado un nivel de evidencia 1b, grado A de recomendación, para los BNP del miembro inferior ¹¹⁸ (9 ml de media para el nervio femoral ¹²² y 20 ml para el nervio ciático poplíteo ²⁶⁷).

El determinante mas exacto de la latencia, el éxito, la toxicidad y la duración del BNP, es la masa de AL, mejor que la concentración o el volumen ²³⁶. La cuestión que se plantea es, si modificando la masa, los resultados cambian. Estudios experimentales claramente indican que para el bloqueo neural se requiere muy poco AL. Se ha verificado en ratas a las que se inyectó 0,1 ml de lidocaína al 1% (1 mgr) perineural al ciático, que solo una mínima fracción, el 1.6% (0,016 mgr) se detecta intraneural y es la que participa en el bloqueo completo del nervio ciático, mientras que el resto del AL inyectado 98,4% (0,984 mgr), es absorbido a la circulación sistémica ²⁶⁸. En el mismo modelo experimental, realizando la inyección de forma intraneural con 0,1 ml de una concentración del 0.02% de lidocaína (0,02 mgr), se logra bloquear completamente al nervio. La longitud del nervio expuesto al AL es también un factor significativo en la potencia del bloqueo, siendo la longitud crítica menor que tres nódulos de Ranvier, lo que equivale a unos 3 cm ²⁶⁹.

En cualquier caso, el ajuste de la dosis de AL para el BNP debe cumplir dos requerimientos básicos:

- concentración suficiente para inhibir o bloquear los canales de sodio (Na^+)
- volumen suficiente para impregnar una longitud mayor de nervio que la “longitud crítica” ²⁷⁰.

Evaluando la inhibición de tres funciones diferentes: propiocepción, motricidad y nocicepción, tras inyectar percutáneamente en el nervio ciático de la rata, lidocaína en volúmenes de 0.05 ml, 0.1 ml, y 0.2 ml (todos a pH 6.8), se observa que el bloqueo es más potente y de más larga duración, manteniendo la misma dosis, con volúmenes más pequeños y concentraciones superiores de lidocaína ²⁷⁰. Paradójicamente se ha visto que inyectando una dosis equivalente a la ED_{50} , el total del fármaco dentro del nervio es menor con volúmenes pequeños a mayor concentración, que con volúmenes mayores a menor concentración, incluso aunque el pico máximo de los efectos sean iguales. Lo que induce a pensar que el total de AL intraneural, puede no representar la ED en el compartimento que contiene los axones, la ubicación real del bloqueo neural ²⁷⁰.

Aunque estos datos son en animales de experimentación y en una situación ideal, sugieren que los anestesiólogos podemos estar usando dosis excesivas de AL en la práctica diaria. Y así suele ocurrir que intentando asegurar los resultados, la tendencia, sobretodo en los poco expertos es, inyectar grandes volúmenes de AL a concentraciones habituales, lo que puede conducir a dosis excesivas. La cuestión es: ¿cuál es el límite? ¿donde paramos?. El inicio, la calidad y posiblemente la duración del

bloqueo del PB, no mejora aumentando la masa con cualquiera de sus determinantes, volumen o concentración. Conduce innecesariamente a alcanzar niveles de sobredosis de AL, exponiendo al riesgo de toxicidad sistémica y neurotoxicidad en caso de accidente ²¹⁷. Sin olvidar que los AL también son miotóxicos de forma transitoria, lo cual es mas comúnmente observado después de bloqueo retrobulbar en cirugía de la catarata ²⁷¹. La miotoxicidad también ha sido relacionada con parálisis prolongada del nervio frénico en el BIE, consecuente con inyección de AL en el espesor del escaleno anterior ²⁷².

En una revisión clínica reciente sobre los AL, se confirma que son muy pequeñas las cantidades que participan en el bloqueo de los canales de sodio, mientras que la mayor parte del volumen administrado, es absorbida y pasa a la circulación sistémica. Se insiste en que todos los AL son tóxicos, en dosis y tiempo dependientes, en prácticamente todos los tejidos, incluyendo nervios y músculos ²⁷³.

El BNP con grandes volúmenes de AL, representa un potencial incremento de los niveles plasmáticos por absorción lenta ²⁷⁴, lo cual junto con la inyección intravascular, son causa de TSAL. La incidencia de tal toxicidad en ALR es relativamente baja 2.5/10.000 ⁸⁵ y concretamente la asociada a BNP se ha observado entre el 7.5/10.000 ²⁷⁵ y el 9.8/10.000 ²⁷⁶. El principio de usar la dosis total más baja posible, adaptada al lugar del bloqueo y al paciente en cuestión es una precaución razonable ²⁷³.

9.5. EFICACIA DE LA TÉCNICA

La eficacia de la técnica en este estudio, valorada por la ejecución del procedimiento quirúrgico sin necesidad de ninguna suplementación, analgesia intravenosa complementaria, bloqueo de rescate, infiltración de AL por el cirujano o AG, fue conseguida en el 96,8%. Resultados que entran en el rango de los publicados con NS, US o ambos, entre el 92% y el 98%, aunque con volúmenes mayores, 30 – 40 - 45 ml ^{142, 150, 180, 277, , 278, 279}. Una tasa de éxito del 99,3%, declara Sandhu NS et al ²¹³, en un estudio retrospectivo con 1.146 casos, administrando entre 25 y 35 ml de lidocaína 2%, repartidos alrededor de cada cordón.

Hubo 8 casos (3,2%) que resultaron fallidos y que tuvimos que reconvertir a AG con intubación orotraqueal. En estos, solo había sido posible confirmar dos de los tres cordones y el volumen medio administrado fue de 16,75 ml ($\pm 3,31$ ml) rango 20-12ml. Secuencialmente tres de los ocho casos, ocurrieron en el primer tercio de la casuística (casos 13º, 47º y 52º), otros tres hacia la mitad (casos 87º, 111º y 114º) y los 2 últimos en el tercio final de la casuística (casos 136º y 206º). No parece haber relación entre la experiencia acumulada por el anestesiólogo durante el estudio y el fallo del bloqueo.

La mayoría de las publicaciones sobre BICPS revisadas, que utilizan los US como método de localización, practican la inyección única con alto volumen de AL (30-40 ml), en la parte dorsal de la arteria axilar, o alrededor de ella,

perivascular²⁸⁰. Pocos son las que asocian US/NS^{115, 281, 282, 283}, y estos suelen conformarse con una sola respuesta distal por debajo del codo (radial, mediano o cubital), que buscan en la parte dorsal de la arterial. Una vez conseguida, depositan igualmente todo el volumen del AL en esa posición. Deducen que la asociación US/NS, no aporta ningún beneficio adicional, por lo que no lo consideran necesario y menos aún la identificación de los tres cordones. Dan preponderancia a la visualización de la distribución del AL rodeando a la arteria, entre las posiciones de las 3 y las 11 horas del reloj. Es decir depositan su confianza, en la propagación o “efecto en U” de la solución inyectada²⁸², sin tener en cuenta las posibles variaciones anatómicas.

A tenor de los diferentes patrones hallados en el presente trabajo y concretamente con los patrones “semirrotado” y “apilado”, la difusión del AL desde la parte posterior de la arteria hasta el cordón más superficial, el lateral, podría tener dificultades por la interposición de los otros cordones. Lo mismo ocurre con la inyección periarterial, a la que se reconocen limitaciones significativas, consecuente a la variabilidad posicional de los cordones y por la existencia de fascias que pueden influir en la propagación de la solución introducida^{149, 284}.

Un estudio del BICPS bilateral en 20 cadáveres, inyectando lidocaína y azul de metileno, en la parte dorsal de la arteria o técnica de la “doble burbuja” buscando la extensión en “U”, observan que en 3 casos se colorearon solo 2 cordones y en 4 casos no se coloreó ninguno, a pesar de que la solución

había difundido adecuadamente alrededor de la arteria axilar. En estos 4 últimos casos, la mayor parte de la solución fue encontrada en el espacio toracoescapular, limitado lateralmente por el músculo subescapular y medialmente por el serrato anterior (Figura 36). Esta pudiera ser una explicación convincente de ciertos fallos del bloqueo BICPS, ya sea realizado con US o con otros métodos²⁸⁵.

Otra opción muy difundida por el grupo canadiense de Tran DQ et al¹⁶⁴, es la doble inyección con US exclusivamente, utilizando una aguja de Tuohy. Inyectan 20 ml en la región dorsal (posición 6 del reloj) y 15 ml en la posición de las 9 horas. Fredrickson MJ et al²⁸⁶, Desgagnes MC et al²⁵¹ y Tekin et al²⁵⁹, mediante US, intentan la triple inyección de forma adyacente a cada cordón. Ninguno de ellos encuentra mejores resultados que con la inyección única y por contra consumen más tiempo de ejecución. Para Koscielniak-Nielsen ZJ et al²⁸⁷, múltiples inyecciones no ofrecen ventajas sobre la inyección única y establecen como lugar óptimo para depositar el AL, la parte dorsal a la arteria axilar.

Debe diferenciarse entre el concepto multi-inyección, administración de AL guiada con US (también podría ser a ciegas), en la proximidad de los nervios o alrededor de la arteria (perivascular); y el concepto multiestimulación, que se aplica a la detección de varias respuestas provocadas por NS asociado o no a US. Mientras que con la multi-inyección no se ha demostrado ninguna ventaja, con la multiestimulación numerosos trabajos han evidenciado su alta eficacia con cuádruple^{288, 289, 290, 291, 292} y

con triple respuesta^{293, 294, 295, 296}, en el BA. También resulta preferible la triple estimulación a nivel axilar, que el bloqueo periférico selectivo (en brazo o antebrazo) de los nervios implicados en el campo quirúrgico²⁹⁷.

En el BICPS realizado exclusivamente con NS, la múltiple respuesta predice un bloqueo mas exitoso²⁰⁶. Incluso la doble respuesta proporciona menor tiempo de latencia y mayor extensión del bloqueo que la respuesta simple, ($p<0.05$)²⁹⁸. Bloc S et al²⁹⁹, deducen que la asociación US/NS puede asegurar el éxito del BIC, siendo relevante la visualización de la difusión del AL .

La multiestimulación con triple respuesta, asociada a los US, parece adquirir mayor fiabilidad para asegurar los resultados. Sandu NS et al²⁰⁰, insisten que el tiempo de latencia y la fiabilidad del bloqueo depende más bien de la extensión perineural del AL, que de la extensión perivascular como se había sugerido³⁰⁰.

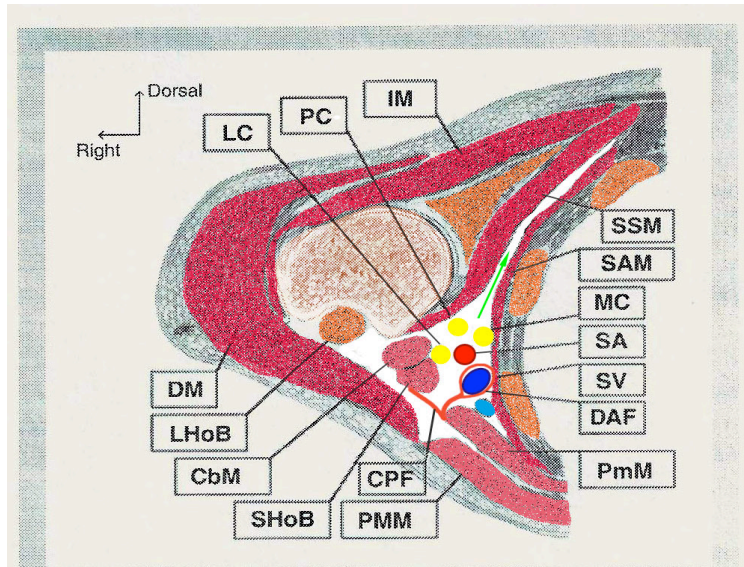


Figura 36. Esquema anatómico de un corte transversal a nivel infraclavicular. La flecha verde señala el espacio toracoescapular ²⁸⁵

SSM: Músc. Subescapular. SAM: Músc. Serrato anterior. MC: Cordón Medial. SA: Arteria Subclavia. SV: Vena Subclavia. DAF: Fascia Axilar profunda. PmM: Músc. Pectoral menor IM: Músc. Infraespinoso. PC: Cordón Posterior. LC: Cordón Lateral. DM: Músc. Deltoides LHoB: Cabeza larga Bíceps. CbM: Músc. Coracobraquial. SHoB: Cabeza corta Bíceps. CPF: Fascia Clavipectoral. PMM: Músc. Pectoral Mayor.

10.COMPLICACIONES

De las complicaciones potenciales del BICPS, la más temida es el neumotórax. El primer caso ocurrido con técnica ecoguiada fue publicado en 2008 por Koscielniak-Nielsen ZJ et al ³⁰¹. La incidencia usando referencias anatómicas, parestesias o neuroestimulación es del 0,2 al 0,7% ²⁷, mientras que en una amplia casuística de 2.963 bloqueos realizados con US por anestesiólogos con una experiencia \leq a 20 casos, se ha reducido considerablemente al 0,07% ¹³⁹. La colocación del brazo en abducción y rotación externa se propone para separar el plexo de las costillas y la pleura, lo que minimizaría el riesgo de neumotórax ²¹⁴.

La punción de la arteria axilar que ocurría entre el 2% y el 17% de los casos utilizando métodos no visuales ^{23,302}, ha disminuido al 0.7% (8 casos/1.146 bloqueos) con US ²¹³.

La extensión del AL hasta el ganglio estrellado y el consiguiente Síndrome de Claude Bernard Horner, sucede en un porcentaje mucho más reducido que con el bloqueo supraclavicular (0.5-3.1% vs 37,5-53.1%; $P < 0.001$) ^{303,142}. Se ha comprobado mediante fluoroscopia que la distribución del AL inyectado por vía infraclavicular, permanece siempre por debajo de la clavícula, lo que explica el bajo riesgo de que el nervio frénico resulte incluido ³⁰⁴. Un caso de paresia transitoria hemidiafragmática publicado con este abordaje, fue atribuido a un nervio frénico accesorio ³⁰⁵.

La incidencia de TSAL en el BICPS con US, en un estudio observacional de cohorte con 627 bloqueos, fue de 2 casos posibles (0,31%) ²⁵⁰. El volumen medio administrado había sido de 30 ml de mepivacaína al 1,5%, en inyección única dorsal a la arteria axilar. La gran vascularización de la región infraclavicular y sobre todo la proximidad del espacio intercostal, intrínsecamente asociado a la rápida absorción de AL ³⁰⁶, da lugar a un precoz y relativo pico elevado de concentraciones plasmáticas arteriales y venosas comparado con otras técnicas ³⁰⁷.

Las complicaciones neurológicas graves de los BNP son raras ²⁸⁷. El riesgo de parestesias durante la punción se ha reducido con US, pero no la incidencia de neuropraxia postoperatoria de corta duración, que parece asociarse a mayor posibilidad de secuelas neurológicas ³⁰⁸. En la mayoría de los casos el origen de los signos y síntomas neurológicos en el postoperatorio no suelen estar afectados con el bloqueo nervioso ^{276,250}. En una amplia serie de 7.156 bloqueos periféricos, 30 pacientes (0.5%) requirieron valoración neurológica por presentar manifestaciones clínicas de tipo nervioso. Solo 3 casos tuvieron una lesión nerviosa relacionada con el bloqueo ²⁷⁶. Una estimación razonable es que solo 4/10.000 pacientes, tendrán un déficit relativo al BNP durante más de 12 meses ^{276, 309}.

La inyección intraneural no intencionada puede ser bastante común. En el bloqueo del ciático y con sonda curvilínea se ha observado en el 16,3% de los casos ³¹⁰. En el BIE y BSC, la incidencia es el 17% con sonda lineal. Suelen ser descubiertos en revisiones “a posteriori” de grabaciones del procedimiento, en pacientes con algún déficit funcional postbloqueo ^{6, 311}. No hemos encontrado

ninguna publicación en este sentido sobre el BIC, posiblemente porque la infiltración se realiza habitualmente perivascular²⁸⁰ y no llegar a existir contacto con el nervio.

En el presente estudio no se advirtió ninguna complicación consecuente al bloqueo de carácter inmediato, ni en las primeras horas del postoperatorio hasta el alta del paciente. Tampoco hubo ningún reingreso en el que el procedimiento anestésico estuviera implicado. La ausencia de complicaciones, lo atribuimos al control permanente de la punta de la aguja. Mediante la visualización en toda su longitud en cada pase; por la distorsión que la punta ejerce a su paso en los tejidos; o por el efecto de hidrolocalización, conseguido con la inyección de suero glucosado al 5%, que no interfiere en la respuesta motora. En ocasiones hubo que recurrir a la opción “Beam streaming” (haz dirigido) que poseen algunos ecógrafos como el usado en este estudio. La sonda emite algunos haces de US con diferente ángulo de incidencia entre la sonda y la aguja (Figura 37), lo que aumenta la visibilidad de la aguja. El procesamiento computarizado de la combinación de tres o mas fotogramas, desde diferentes ángulos en un solo fotograma, denominado compuesto espacial de imagen, conforma mayor claridad, resolución y definición del contorno de la aguja³¹² (Figura 38). No obstante el haz dirigido produce cierta distorsión de la ventana sonográfica en su conjunto.

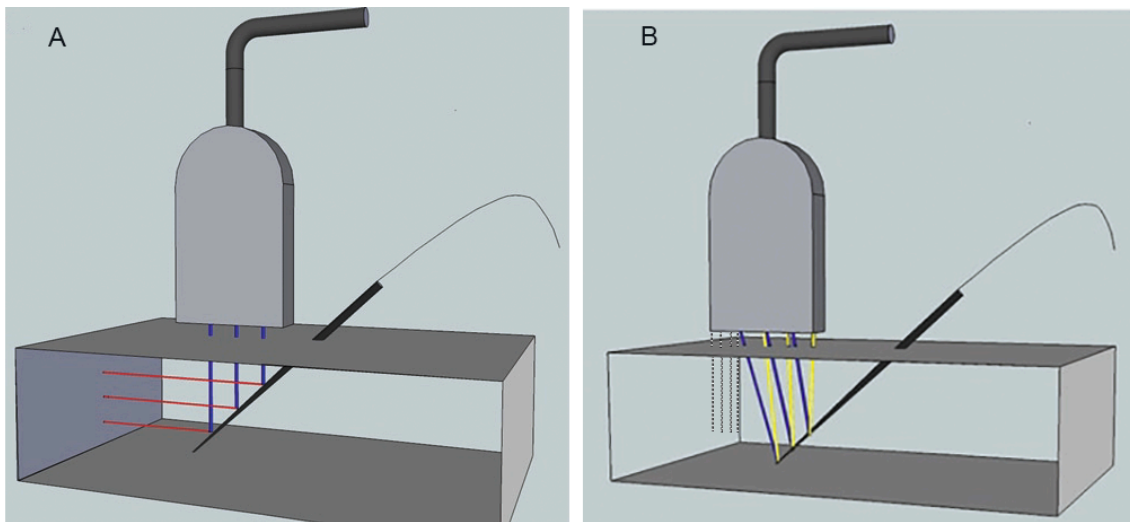


Figura 37. Haz de US normal y Haz dirigido (Beam streaming).³¹³

En el panel A, los haces de US no están dirigidos hacia la aguja (azul) y por tanto no vuelven al transductor (rojo). En el panel B, hay haces de US dirigidos hacia la aguja (azul), que vuelven al transductor (amarillo); además de los haces perpendiculares normales (gris)

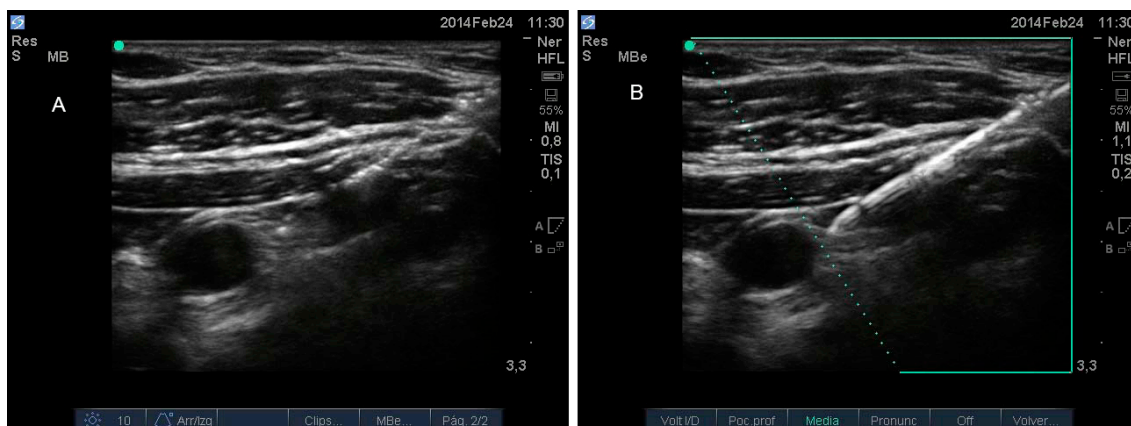


Figura 38. A) Imagen sonográfica normal. B) Imagen sonográfica con haz dirigido a la aguja.

La combinación US/NS, además de ser determinante para la identificación de cada cordón, proporciona información muy útil para evitar una inyección intraneural. La inyección de AL no se realizó nunca con respuestas motoras por debajo de 0.2 - 03mA.

Consideramos de interés el modo de administrar el AL, por el propio ejecutor de la técnica, ejerciendo impulsos cortos y repetidos sobre el émbolo. Se logra de esta forma, percibir subjetivamente la presión de inyección, a la vez que se sincroniza la acción sobre el émbolo, con la representación visual de cada fracción introducida. La distribución del AL es mejor controlada y aunque alguna fracción se introdujera accidentalmente intraneural o intravascular, al ser de tan bajo volumen, apenas tendría repercusión clínica.

En el estudio, se cumplieron las recomendaciones sugeridas por Neal JM y Wedel DJ ²²⁷ y que denominan “monitores de seguridad”, para evitar complicaciones graves consecuentes a los BNP:

- Paciente despierto
- Operador vigilante
- Ultrasonidos
- Neuroestimulación
- Control de la presión de inyección.

En resumen, constatamos que la incorporación de los US como método de localización de los BNP, ha supuesto la recuperación del abordaje infraclavicular, posiblemente el mas idóneo para la mayoría de los procedimientos del miembro superior. La identificación visual de las diferentes estructuras anatómicas y la punción en tiempo real, le ha convertido en una técnica reproducible, minimizando las temidas complicaciones que presagiaban los métodos de localización convencionales.

Con la asociación US/NS corroboramos que las variaciones anatómicas del PB, evidenciadas por las diferentes posiciones de los cordones alrededor de la arteria axilar, no son infrecuentes. Variaciones anatómicas o sono-anatómicas, que pudieran estar relacionadas con el grado de rotación de los cordones en su descenso hacia la axila, o ser consecuencia del posicionamiento y manejo de la sonda. Sea como fuere, se diferenciaron 5 patrones topográficos distintos que etiquetamos con la siguiente denominación: “clásico”, “semirrotado”, “atípico”, “apilado” y “opuesto”. Considerar la presencia de cualquiera de ellos, puede suponer una causa evitable de bloqueo fallido, así como de lesiones traumáticas nerviosas y vasculares, derivadas de múltiples pases y redirecciones de la aguja.

La asociación de US/NS resulta de gran valor e imprescindible en condiciones adversas, pacientes con mala ecogenicidad y en los obesos. La identificación de cada cordón por sus correspondientes respuestas motoras, posibilita la infiltración selectiva que predice el éxito, mejor que la inyección única en la parte dorsal de la arteria.

Existe una relación directa entre el IMC y la profundidad de los cordones lateral y posterior. Un alto IMC incrementa la dificultad para el procedimiento. A mayor

profundidad, aumenta el efecto de atenuación y la dispersión de los US, repercutiendo sobre la reflexión de los haces que regresan al transductor y con ello en la calidad de la imagen. Además condiciona un mayor ángulo de inclinación de la aguja, por encima de los 50-60°, repercutiendo en su detección visual. Una sonda curvilínea en estos pacientes sería una alternativa, aunque tiene menor precisión y exige cierto entrenamiento para reconocer las estructuras con una angulación diferente.

La administración fraccionada de AL, con pequeños impulsos realizados por el propio ejecutor del procedimiento, a la vez que se va dirigiendo la punta de la aguja alrededor de los cordones, además de reducir el consumo de AL, minimiza la repercusión de una posible inyección intravascular o intraneural inadvertidas. En nuestro estudio, volúmenes de AL bajos (6-20 ml) media 15,63 ml alcanza porcentajes de eficacia idénticos a las publicadas con volúmenes más altos. La mezcla mepivacaína 2% con bupivacaína 0.5% (3:1), proporciona un bloqueo más prolongado que la mepivacaína sola. El riesgo de toxicidad sistémica, en esta región donde la absorción a la circulación es rápida, se supone tendrá menor incidencia con volúmenes reducidos. No encontramos correlación entre los volúmenes utilizados y la duración del bloqueo. Ningún paciente presentó complicación inmediata o tardía atribuible a la técnica anestésica.

Abordaje realizable, eficaz y seguro, para todos los procedimientos del miembro superior con la excepción del hombro. La punción en la parte alta del tórax, inicialmente impresiona como arriesgada. Imprescindible una formación reglada y tutelada por un experto, asociando siempre US/NS.

Es de esperar que con la visión tridimensional o cuatridimensional de los US y en tiempo real, se consiga mayor precisión en la identificación de las estructuras nerviosas, mejor visualización de la aguja y más completa distribución del anestésico local, augurando todo ello mayor eficacia y seguridad a la ALR.

11. LIMITACIONES DEL ESTUDIO

La población incluida fue exclusivamente de accidentados en edad laboral, es decir de 18 a 65 años. No incluye niños ni pacientes mayores. La ecogenicidad de los tejidos depende principalmente de su homogeneidad, vascularización contenido de grasa y contenido de tejido conectivo³¹⁴, todos ellos factores que influyen en la composición corporal. En pacientes de mayor edad hay una reducción de la masa ósea (sarcolema), de la muscular, sustituida por grasa y tejido conectivo; y un aumento del agua extracelular contenida en los músculos. Las imágenes ultrasónicas aparecen mas brillantes y mas blancas, mostrando una disminución del contraste entre las estructuras adyacentes.

La principal limitación de este estudio es realmente la interpretación de las imágenes. Mientras que las estructuras musculares y vasculares son fácilmente reconocibles, los cordones, están circundados por tejido conectivo de sostén con una ecogenicidad similar a estos, que pudiera inducir a confusión. La experiencia del anestesiólogo en técnicas de bloqueos ecoguiados, es fundamental para la identificación de las estructuras nerviosas. El cordón medial fue el que nos planteó mas dudas o no fue posible reconocer.

Otra limitación fue admitir una única respuesta de confirmación del cordón lateral, habitualmente la flexión del codo (nervio musculocutáneo), que en aquellos casos en los que el cordón medial no fue identificado, podría haber incrementado los casos de fusión del cordón lateral con el medial (respuesta en flexión del codo y flexión de los dedos respectivamente). Dicha variante la

observamos en 7 casos (2,8%), bastante inferior al 8,9% citado por Di Filippo A et al ¹⁵⁶.

Cuando la distancia desde la piel a cordones superó los 4 cm, lo que sucedió en 7 casos con el cordón posterior y en 8 con el cordón medial, hubiera sido conveniente utilizar una sonda curvilínea de 2-5 Hz, lo que no se realizó por mantener la uniformidad del estudio.

En el patrón apilado cuando los cordones están uno encima del otro, la inyección de AL en uno de ellos, pudo por extensión, inhibir la respuesta del adyacente.

Todos los casos fueron realizados por un solo anestesiólogo. Aunque esto elimina la posibilidad de la variabilidad del operador en la realización de la técnica, puede ser un importante factor limitante con respecto a la generalización de los resultados. También puede reflejar que es necesario un alto dominio técnico para alcanzar bloqueos exitosos con volúmenes reducidos.

12. CONCLUSIONES

1. La asociación ultrasonidos con neuroestimulación, permite confirmar e identificar la posición de cada cordón en la gran mayoría de los casos, lo que predice un bloqueo homogéneo exitoso. Útil también para evitar una inyección intraneural.
2. En el 59,6% de los pacientes, existe un patrón topográfico “clásico” de los cordones del plexo braquial, a nivel infraclavicular y abordaje parasagital. Se constatan unas variaciones posicionales de los cordones, que dan lugar a los siguientes patrones: “semirrotado”, “atípico”, “apilado” y “opuesto”.
3. Los valores antropométricos influyen significativamente en la profundidad con respecto a la piel, para el cordón lateral y posterior.
4. El volumen total de anestésico utilizado fue de alrededor 16 ml. La eficacia del bloqueo fue del 96,8%.

BIBLIOGRAFIA

-
- ¹ Moore AF, Dalley II AF, Agur AMR. Moore Clinically oriented anatomy. 7th
- ² Standing S. (2008) *Gray's Anatomy: The anatomical basis of clinical practice*. 40th ed., New York: Elsevier/Churchill Livingstone.
- ³ Winnie AP. Interscalene brachial plexus block. *Anesth Analg*. 1970;49(3):455-66.
- ⁴ Urmey WF, Talts KH, Sharrock NE. One hundred percent incidence of hemidiaphragmatic paresis associated with interscalene brachial plexus anesthesia as diagnosed by ultrasonography. *Anesth Analg*. 1991;72:498-503
- ⁵ Fritsch G, Hudelmaier M, Danninger T, Brummett C, Bock M, McCoy M. Bilateral loss of neural function after interscalene plexus blockade may be caused by epidural spread of local anesthetics: a cadaveric study. *Reg Anesth Pain Med*. 2013;38(1):64-8.
- ⁶ Liu SS, YaDeau JT, Shaw PM, Wilfred S, Shetty T, Gordon M. Incidence of unintentional intraneural injection and postoperative neurological complications with ultrasound-guided interscalene and supraclavicular nerve blocks. *Anaesthesia*. 2011; 66(3):168-74.
- ⁷ Benumof JL. Permanent loss of cervical spinal cord function associated with interscalene block performed under general anesthesia. *Anesthesiology*. 2000;93:1541-4
- ⁸ Yanovski B, Gaitini L, Volodarski D, Ben-David B. Catastrophic complication of an interscalene catheter for continuous peripheral nerve block analgesia. *Anaesthesia*. 2012;67(10):1166-9.
- ⁹ Kulenkampff D.: Die Anästhesierung des Plexus brachialis. *Beitr Klin Chir*. 1912;79:550
- ¹⁰ Orebaugh SL, Williams BA. Brachial plexus anatomy: normal and variant. *ScientificWorldJournal*. 2009;9:300-12.
- ¹¹ Neal JM, Moore JM, Kopacz DJ, Liu SS, Kramer DJ, Plorde JJ. Quantitative analysis of respiratory, motor, and sensory function after supraclavicular block. *Anesth Analg*. 1998;86(6):1239-44.
- ¹² Mak PH, Irwin MG, Ooi CG, Chow BF. Incidence of diaphragmatic paralysis following supraclavicular brachial plexus block and its effect on pulmonary function. *Anaesthesia* 2001; 56: 352-6.
- ¹³ Brown DL, Bridenbaugh LD. The upper extremity: somatic blockade. In: Cousins MJ, Bridenbaugh PO. *Neural Blockade*. 3rd ed. Philadelphia: Lippincott; 1998:345-372.

-
- ¹⁴ Brand L, Papper EM. A comparison of supraclavicular and axillary techniques for brachial plexus blocks. *Anesthesiology* 1961; 22: 226–9.
- ¹⁵ Winnie AP, Collins VJ. The subclavian perivascular technique of brachial plexus anesthesia. *Anesthesiology*. 1964;25:353-63
- ¹⁶ Winnie AP II. Historical considerations. In: Winnie AP. *Plexus anesthesia*. Vol. 1. 3rd edn. Philadelphia: W.B. Saunders Company, 1993: 67–116.
- ¹⁷ Spiegel P. Block of the brachial plexus. Infraclavicular transpectoral perivascular technic. *Rev Bras Anesthesiol*. 1967;17(1):48-53.
- ¹⁸ Llusá M, Meri Á, Ruano D. (2004) *Manual y atlas fotográfico de anatomía del aparato locomotor*. Madrid: Editorial Medica Panamericana SA.
- ¹⁹ Raj PP, Montgomery SJ, Nettles D, Jenkins MT. Infraclavicular brachial plexus block – a new approach. *Anesth Analg* 1973: 52: 897–904.
- ²⁰ Whiffler K. Coracoid block – A safe and easy technique. *Br J Anaesth* 1981: 53: 845–48.
- ²¹ Sims JK. A modification of landmarks for infraclavicular approach to brachial plexus block. *Anesth Analg* 1977: 56: 554–5.
- ²² Winnie AP, Radonjic R, Akkineni SR, Durrani Z. Factors influencing distribution of local anesthetic injected into the brachial plexus sheath. *Anesth Analg* 1979: 58: 225–34.
- ²³ Borgeat A, Ekatodramis G, Dumont C. An evaluation of the infraclavicular block via a modified approach of the Raj technique. *Anesth Analg*. 2001;93(2):436-41.
- ²⁴ Kapral S1, Jandrasits O, Schabernig C, Likar R, Reddy B, Mayer N, Weinstabl C. Lateral infraclavicular plexus block vs. axillary block for hand and forearm surgery. *Acta Anaesthesiol Scand*. 1999 Nov;43(10):1047-52.
- ²⁵ Klaastad O, Smith HJ, Smedby O, Winther-Larssen EH, Brodal P, Breivik H, Fosse ET. A novel infraclavicular brachial plexus block: the lateral and sagittal technique, developed by magnetic resonance imaging studies. *Anesth Analg*. 2004;98(1):252-6.
- ²⁶ Kilka HG, Geiger P, Mehrkens HH. Infraclavicular plexus blockade. A new method for anaesthesia of the upper extremity. An anatomical and clinical study. *Anaesthesist*. 1995;44(5):339-44
- ²⁷ Neuburger M, Landes H, Kaiser H. Pneumothorax bei der vertikalen infraklavikulären Blockade des Plexus brachialis. Fallbericht einer seltenen Komplikation. *Anaesthesist*. 2000;49:901–4.

-
- ²⁸ Hadzic A, Vloka JD, editors. *Halstead. Peripheral Nerve Blocks: Principles and Practice*. New York, NY, USA: The New York School of Regional Anesthesia; 2004.
- ²⁹ Hirschel G. Anesthesia of the brachial plexus for operations on the upper. *München Med Wochenschr*. 1911;58:1555–6.
- ³⁰ Burnham PJ. Simple regional nerve block for surgery of the hand and forearm. *J Am Med Assoc*. 1959;169(9):941-3
- ³¹ Satapathy AR, Coventry DM. Axillary brachial plexus block. *Anesthesiol Res Pract*. 2011;2011:173796.
- ³² Singhal S, Rao VV, Ravindranath R. Variations in brachial plexus and the relationship of median nerve with the axillary artery: a case report. *J Brachial Plex Peripher Nerve Inj*. 2007;2:21.
- ³³ Berthier F, Lepage D, Henry Y, Vuillier F, Christophe JL, Boillot A, Samain E, Tatu L. Anatomical basis for ultrasound-guided regional anaesthesia at the junction of the axilla and the upper arm. *Surg Radiol Anat*. 2010;32(3):299-304.
- ³⁴ Killian H. Historia de la Anestesia. En Killian H. *Anestesia Local*. Ed Salvat S.A. Barcelona. España 1979. pp 3-12
- ³⁵ Gonzalez Iglesias J. Historia de la Anestesia. Editores Médicos S.A. Fundación Wellcome. Madrid 1995 pp 66-7
- ³⁶ Fink RB. Historia del bloqueo nervioso. En: Cousins MJ, Bridenbaugh PhO. *Bloqueos Nerviosos*. 1ª Ed. Barcelona-España: Doyma SA; 1991. 3-22
- ³⁷ Márquez C, Franco A, Rodríguez AR, Cortés J. Introducción y desarrollo de la anestesia local en España. *Rev. Esp. Anesthesiol. Reanim*. 1995;42:58-66
- ³⁸ Hall RJ. Hydrochlorate of cocaine. *N.Y. Med. J.*, 1885;40: 643
- ³⁹ Francois-Franck CA. Action paralysante locale de la cocaine sur les nerfs et les centres nerveux . Applications a la technique experimentale. *Arch Physiol Norm Pathol*. 1892;24:562.
- ⁴⁰ Reclus P. L'anesthésie localisée par le cocaine. Masson, París 1895; 2. Ausgabe 1903.
- ⁴¹ Corning JL Spinal anaesthesia and local medication of the cord. In: *New York State Med J*. 42, 1885 , S. 483.
- ⁴² Bier A. Versuche über die Cocainisierung des Rückenmarkes. *Dtsch. Z. Chir*. 1899;51:361.

-
- ⁴³ Marx GF. The first spinal anesthesia. Who deserves the laurels? *Reg Anesth*. 1994 Nov-Dec;19(6):429-30.
- ⁴⁴ Braun H. *Ocal Anesthesia: Its scientific basis and practical use*. Ed. 3. Philadelphia, Lea & Febiger, 1914
- ⁴⁵ Rouillard M, Denis R. Lugar actual de la Anestesia Locorregional. En P. Gauthier-Lafaye. *Anestesia Locorregional*. Barcelona-España. Ed. Massob, S.A. 1986 pp 35-37
- ⁴⁶ Pagés F. Anesthesia metamerica. *Rev Sanid. Milit*. 1920;11: 351-85
- ⁴⁷ Pagés F. Metameric anesthesia 1921. *Rev Esp Anesthesiol Reanim*. 1991;38(5): 318-26.
- ⁴⁸ Bridenbaugh PhO, Greene NM. Bloqueo nervioso intradural (subaracnoideo). En: Cousins MJ, Bridenbaugh PhO. *Bloqueos Nerviosos*. 1ª Ed. Barcelona-España. Ed. Doyma SA 1991:215-56.
- ⁴⁹ Dripps RD, Vandam LD: Long-term follow-up of patients who received 10,098 spinal anesthetics, failure to discover major neurological sequelae. *J Am Med Assoc*. 1954 Dec 18;156(16):1486-91.
- ⁵⁰ Bennike KA, Hagelsten JO, Hansen EP. Liver disorders after halothane anesthesia--post or propter?. *Anaesthesist*. 1964 Sep;13:289-93.
- ⁵¹ Vickers MD, Dinnick OP. Post-operative hepatic morbidity with special reference to the role of halothane. *Anaesthesia*. 1965 Jan;20:29-58
- ⁵² Bier A. Ueber einen neuen Weg Localanästhesie an den gliedmassen zu erzeugen. *Verh Dtsch Ges. Chir*. 1908;37(2):204.
- ⁵³ Franco Grande A, Alvarez Escudero JA, Cortés Laino J. Historia de la anestesia intravascular. En *Historia de la Anestesia en España 1847-1940*. Ed. Aran. Madrid. España. 2005;316-20
- ⁵⁴ Winnie AP. Plexus anesthesia In: Hakansson L, de Perivascular Techniques of Brachial plexus block. Volumen I. Philadelphia: WB Sanders, 1983
- ⁵⁵ Vidal López F. Nuestra técnica en el bloqueo del plexo braquial por vía axilar. *Rev Esp Anesthesiol Reanim*. 1975; 58: 225-34
- ⁵⁶ Vongvises P, Panijayanond T. "A paraescalene Technique of Braquial Plexus Anesthesia". *Anesth Analg*. 1979;58:267-73.
- ⁵⁷ Monzó E, Baeza C, Sánchez ML, Rolando S, González A, Kim-Darov V. Bloqueo Paraescalénico continuo en cirugía de hombro. *Rev Esp Anesthesiol Reanim*. 1998;45(9):377-83

-
- ⁵⁸ Neuburger M, Breitarth J, Reisig F, Lang D, Buttner J. Complications and adverse events in continuous peripheral regional anesthesia. Results of investigations on 3.491 catheters. *Anaesthesist*. 2006;55(1):33-40
- ⁵⁹ Ilfeld BM, Enneking FK. Continuous peripheral nerve block at home a review. *Anesth Analg*. 2005;100:1822-33
- ⁶⁰ Evans H, Steele SM, Nielsen KC, Tucker MS, Klein SM. Peripheral nerve blocks and continuous catheter techniques. *Anesthesiol Clin North America*. 2005;23(1):141-62.
- ⁶¹ Swenson JD, Bay N, Loose E, Bankhead B, Davis J, Beals TC, Bryan NA, Burks RT, Greis PE. Outpatient management of continuous peripheral nerve catheters placed using ultrasound guidance: an experience in 620 patients. *Anesth Analg*. 2006;103(6): 1436-43
- ⁶² Russon K, Sardesai AM, Ridgway S, Whitear J, Sildown D, Boswell S, Chakrabarti A, Denny NM. Postoperative shoulder surgery initiative (POSSI): an interim report of major shoulder surgery as a day case procedure. *Br J Anaesth*. 2006;97(6):869-73.
- ⁶³ Klein SM, Evans H, Nielsen KC, Tucker MS, Warner DS, Steele SM. Peripheral nerve block techniques for ambulatory surgery. *Anesth Analg*. 2005;101(6):1663-76.
- ⁶⁴ Capdevila X, Dadure C, Bringuier S, Bernard N, Biboulet P, Gaertner E, Macaire P. Effect of patient-controlled perineural analgesia on rehabilitation and pain after ambulatory orthopedic surgery: a multicenter randomized trial. *Anesthesiology*. 2006;105(3):566-73.
- ⁶⁵ Richman JM, Liu SS, Courpas G, Wong R, Rowlingson AJ, McGready J, et al. Does continuous peripheral nerve block provide superior pain control to opioids. A meta-analysis. *Anesth Analg*. 2006;102(1):248-57.
- ⁶⁶ Ullah H1, Samad K, Khan FA. Continuous interscalene brachial plexus block versus parenteral analgesia for postoperative pain relief after major shoulder surgery. *Cochrane Database Syst Rev*. 2014 Feb 4;(2):CD007080.
- ⁶⁷ Fredrickson MJ, Ball CM, Dalglish AJ. Analgesic effectiveness of a continuous versus single-injection interscalene block for minor arthroscopic shoulder surgery. *Reg Anesth Pain Med*. 2010 Jan-Feb;35(1):28-33.
- ⁶⁸ Salviz EA1, Xu D, Frulla A, Kwofie K, Shastri U, Chen J, Shariat AN, Littwin S, Lin E, Choi J, Hobeika P, Hadzic A. Continuous interscalene block in patients having outpatient rotator cuff repair surgery: a prospective randomized trial.

⁶⁹ Mariano ER1, Afra R, Loland VJ, Sandhu NS, Bellars RH, Bishop ML, Cheng GS, Choy LP, Maldonado RC, Ilfeld BM. Continuous interscalene brachial plexus block via an ultrasound-guided posterior approach: a randomized, triple-masked, placebo-controlled study. *Anesth Analg*. 2009 May;108(5):1688-94.

⁷⁰ Greenblatt GM, Denson JS. Needle nerve stimulator-locator: nerve blocks with a new instrument for locating nerves. *Anesth Analg*. 1962;41:599-602.

⁷¹ Wrigth BB. A new use for the block-aid monitor. *Anesthesiology*.1969; 30:236-7.

⁷² Von Perthes G. Uker leitungsanästhesie unter zuhilfenahme elektrischer reizung. *Munchener Medizinische Wochenschrift* .1912;2545-8.

⁷³ Katz JA, Bridenbaugh PO, Knarr DC, Helton SH, Denson DD. Pharmacodynamics and pharmacokinetics of epidural ropivacaine in humans. *Anesth Analg*. 1990;70(1):16-21.

⁷⁴ Huang YF, Pryor ME, Mather LE, Veering BT. Cardiovascular and central nervous system effects of intravenous levobupivacaine and bupivacaine in sheep. *Anesth Analg*.1998;86(4):797-804.

⁷⁵ Bardsley H, Gristwood R, Baker H, Watson N, Nimmo W. A comparison of the cardiovascular effects of levobupivacaine and rac-bupivacaine following intravenous administration to healthy volunteers. *Br J Clin Pharmacol*. 1998;46(3):245-9.

⁷⁶ Moore DC. "No paresthesias-no anesthesia," the nerve stimulator or neither (letter). *Reg Anesth*. 1997;22:388-90.

⁷⁷ Long TR, Wass CT, Burkle CM. Perioperative interscalene blockade: an overview of its history and current clinical use. *J Clin Anesth*. 2002;14(7):546-56.

⁷⁸ Flo A, Aliaga L, Fanelli G. Uso de la electroneuroestimulación. En: Aliaga L, et al. *Anestesia Regional Hoy*. 1ª ed. Barcelona España. Ed Permanyer; 1998;213-29

⁷⁹ Perlas A, Niazi A, McCartney C, Chan V, Xu D, Abbas S. The sensitivity of motor response to nerve stimulation and paresthesia for nerve localization as evaluated by ultrasound. *Reg Anesth Pain Med* 2006; 31:445–50

⁸⁰ Denny NM, Harrop-Griffiths W. Location, location, location! Ultrasound imaging in regional anaesthesia. *Br J Anaesth* 2005; 94: 1–3

-
- ⁸¹ Ruiz Castro M, Bardina Pastor A. (2006). Electroestimulación sistema para la localización de nervios. En M. Ruiz Castro. Manual de Anestesia Regional (pp. 50-76). Madrid. Elsevier.
- ⁸² Brull R, Hadzic A, Reina MA, Barrington MJ. Pathophysiology and etiology of nerve injury following peripheral nerve blockade. *Reg Anesth Pain Med*. 2015;40:479–90.
- ⁸³ Wiesmann T, Bornträger A, Vassiliou T, et al. Minimal current intensity to elicit an evoked motor response cannot discern between needle-nerve contact and intraneural needle insertion. *Anesth Analg*. 2014;118:681–86.
- ⁸⁴ Auroy Y, Carchi P, Messiah A, Litt L, Rouvien B, Sami K. Serious complications related to regional anesthesia. *Anesthesiology*. 1997;87(3):479-86.
- ⁸⁵ Auroy Y, Benhamou D, Bargues L, Ecoffey C, Falissard B, Mercier FJ, Bouaziz H, Samii K. Major complications of regional anesthesia in France: The SOS Regional Anesthesia Hotline Service. *Anesthesiology*. 2002;97(5):1274-80
- ⁸⁶ Selander D, Edshage S, Wolff T. Paresthesiae or no paresthesiae? *Acta Anaesth Scand*. 1979;23:27-33.
- ⁸⁷ Liguori GA, Zayas VM, YaDeau JT, Kahn RL, Paroli L, Buschiazio V, Wu A. Nerve localization techniques for interscalene brachial plexus blockade: a prospective, randomized comparison of mechanical paresthesias versus electrical stimulation. *Anesth Analg*. 2006;103(3):761-67
- ⁸⁸ Urmey WF, Grossi P. Percutaneous electrode guidance: a noninvasive technique for prelocation of peripheral nerves to facilitate peripheral plexus or nerve block. *Reg Anesth Pain Med*. 2002;27(3):261-67.
- ⁸⁹ Urmey WF. Using the nerve stimulator for peripheral or plexus nerve blocks. *Minerva Anestesiol*. 2006;72(6):467-71
- ⁹⁰ Nishiyama M, Naganuma K, Amaki Y: A new approach for brachial plexus block under fluoroscopic guidance. *Anesth Analg*. 1999;88:91-7
- ⁹¹ Mu Kherji SK, Wagle A, Armeo DM: Brachial plexus nerve block with CT Guidance for regional pain management: *Radiology*. 2000;216(3):886-90
- ⁹² Demondion X, Boutry N, Drizenko A, Paul C, Francke JP, Cotton A. Thoracic outlet: anatomic correlation with MR imaging. *AJR Am J Roentgenol*. 2000;175(2):417-22.
- ⁹³ Chan VW, Perlas A, Rawson R, Odukoya O. Ultrasound-guided supraclavicular brachial plexus block. *Anesth Analg*. 2003;97(5):1514-7.

⁹⁴ Marhofer P, Kapral S: Ultrasound guidance in regional anesthesia. *Br J Anesth.* 2005;94:7-17.

⁹⁵ Williams SR, Chouinard P, Arcand G, Harris P, Ruel M, Boudreault D, Girard F. Ultrasound guidance speeds execution and improves the quality of supraclavicular block. *Anesth Analg.* 2003;97(5):1518-23.

⁹⁶ Kapral S, Krafft P, Eibenberger K, Fitzgerald R, Gosch M, Weinstabl C. Ultrasound-guided supraclavicular approach for regional anesthesia of the brachial plexus. *Anesth Analg.* 1994;78(3):507-13.

⁹⁷ Chan VW, Perlas A. Basics of Ultrasound Imaging. In: Narouze SM. *Atlas of Ultrasound-Guided Procedures in Interventional Pain Management.* New York. Ed. Springer. 2011:13-19

⁹⁸ La Grange P, Foster PA, Pretorius LK. Application of the Doppler ultrasound blood flow detector in supraclavicular brachial plexus block. *Br J Anaesth.* 1978;50(9):965-7

⁹⁹ Friedl W, Fritz T. Ultrasound assisted brachial plexus anesthesia. *Chirurg.* 1992 Sep;63(9):759-60

¹⁰⁰ Ootaki C, Hyashi H, Amano M. Ultrasound-guided infraclavicular brachial plexus block: an alternative technique to anatomical landmark-guided approaches. *Reg Anesth Pain Med.* 2000;25(6):600-4

¹⁰¹ Marhofer P1, Schrögender K, Koinig H, Kapral S, Weinstabl C, Mayer N. Ultrasonographic guidance improves sensory block and onset time of three-in-one blocks. *Anesth Analg.* 1997;85(4):854-7.

¹⁰² Peterson MK, Millar FA: Ultrasound-guided nerve blocks. *Br J Anesth.* 2002;886-90

¹⁰³ Sites BD, Spence BC, Gallagher J, et al. Regional anesthesia meets ultrasound: a speciality in transition. *Acta Anaesthesiol Scand.* 2008 ;52(4):456-66

¹⁰⁴ Hopkins PM. Ultrasound guidance as a gold standard in regional anesthesia. Editorial *Br J Anesth.* 2007;98(3):299-301

¹⁰⁵ Pineda C, Bernal A, Espinosa R, Hernández C, Marín N, Peña AH, Rodríguez PJ, Solano C. Principios Físicos Básicos del Ultrasonido. *Rev. Chil. Reumatol.* 2009; 25(2): 60-6

¹⁰⁶ Schmidt WA, Backhaus M. What the practicing rheumatologist needs to know about the technical fundamentals of ultrasonography. *Best Pract Res Clin Rheumatol.* 2008; 22: 981-99.

¹⁰⁷ Kossoff G. Basic physics and imaging characteristics of ultrasound. *World J Surg.* 2000; 24:134-42.

¹⁰⁸ Del Olmo Rodríguez, C. De Diego Isasa, P. y Ortega Romero, A. (2010). *Manual de Ecografía básica para anestesia regional*. Madrid: Editorial Ergon.

¹⁰⁹ Boezaart AP (2009). That which we call a rose by any other name would smell as sweet-and its thorns would hurt as much. Available from: *Reg Anesth Pain Med.* 2009 Jan-Feb;34(1):3-7.

¹¹⁰ Labat G. *Regional Anesthesia: Its Technique and Clinical Applications*. W.B. Saunders Philadelphia 1924

¹¹¹ Sala Blanch X, Chan V, Bargalló X, De Andrés J. Ecografía práctica de los bloqueos perineurales. En J. de Andrés ed. *Puesta al día en anestesia regional y tratamiento del dolor*. Barcelona 2006; pp 375-88

¹¹² Mian A, Chaudhry I, Huang R, Rizk E, Tubbs RS, Loukas M. Brachial plexus anesthesia: A review of the relevant anatomy, complications, and anatomical variations. *Clin Anat.* 2014;27(2):210-21.

¹¹³ Beach ML, Sites BD, Gallagher JD. Use of a nerve stimulator does not improve the efficacy of ultrasound-guided supraclavicular nerve blocks. *J Clin Anesth.* 2006;18(8):580-4.

¹¹⁴ Chan VW, Perlas A, McCartney CJ, Brull R, Xu D, Abbas S. Ultrasound guidance improves success rate of axillary brachial plexus block. *Can J Anaesth.* 2007 Mar;54(3):176-82

¹¹⁵ Gürkan Y1, Tekin M, Acar S, Solak M, Toker K. Is nerve stimulation needed during an ultrasound-guided lateral sagittal infraclavicular block? *Acta Anaesthesiol Scand.* 2010 Apr;54(4):403-7.

¹¹⁶ Zhou Y1, Zhao Y, Lin HH, Wang TL. Comparison of blockage effect of axillary brachial plexus block between ultrasound guidance alone and ultrasound guidance plus neurostimulation. *Zhonghua Yi Xue Za Zhi.* 2013 Jun 4;93(21):1649-52.

¹¹⁷ Tsui B. Ultrasound-guidance and nerve stimulation: implications for the future practice of regional anesthesia. *Can J Anaesth.* 2007 Mar;54(3):165-70.

¹¹⁸ Neal JM, Brull R, Chan VW, et al. The ASRA evidence-based medicine assessment of ultrasound-guided regional anesthesia and pain medicine: Executive summary. *Reg Anesth Pain Med.* 2010;35(2 Suppl):S1-9.

¹¹⁹ Macaire P, Singelyn F, Narchi P, Paqueron X. Ultrasound- or nerve stimulation-guided wrist blocks for carpal tunnel release: a randomized prospective comparative study. *Reg Anesth Pain Med.* 2008;33:363Y368.

-
- ¹²⁰ Liu SS, Ngeow J, John RS. Evidence basis for ultrasound-guided block characteristics: onset, quality, and duration. *Reg Anesth Pain Med.* 2010;35(2 Suppl):S26-35.
- ¹²¹ McCartney CJ, Lin L, Shastri U. Evidence basis for the use of ultrasound for upper-extremity blocks. *Reg Anesth Pain Med.* 2010; 35:S10–S15.
- ¹²² Casati A, Baciarello M, Di Cianni S, et al. Effects of ultrasound guidance on the minimum effective anaesthetic volume required to block the femoral nerve. *Br J Anaesth.* 2007;98:823Y827.
- ¹²³ McNaught A, Shastri U, Carmichael N, et al. Ultrasound reduces the minimum effective local anaesthetic volume compared with peripheral nerve stimulation for interscalene block. *Br J Anaesth.* 2010;06:124Y130.
- ¹²⁴ Danelli G, Ghisi D, Fanelli A, et al. The effects of ultrasound guidance and neurostimulation on the minimum effective anesthetic volume of mepivacaine 1.5% required to block the sciatic nerve using the subgluteal approach. *Anesth Analg.* 2009;109:1674Y1678.
- ¹²⁵ Abrahams MS, Azis MF, Fu RF, Horn JL. Ultrasound guidance compared with electrical neurostimulation for peripheral nerve block: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Br J Anaesth.* 2009;102(3):408-17.
- ¹²⁶ Liu SS1. Evidence Basis for Ultrasound-Guided Block Characteristics Onset, Quality, and Duration. *Reg Anesth Pain Med.* 2016 Mar-Apr;41(2):205-20.
- ¹²⁷ Choi S1, McCartney CJ. Evidence Base for the Use of Ultrasound for Upper Extremity Blocks: 2014 Update. *Reg Anesth Pain Med.* 2016 Mar-Apr;41(2):242-50
- ¹²⁸ Lewis SR1, Price A, Walker KJ, McGrattan K, Smith AF. Ultrasound guidance for upper and lower limb blocks. *Cochrane Database Syst Rev.* 2015 Sep 11;9:CD006459.
- ¹²⁹ Kessler J1, Marhofer P2, Hopkins PM3, Hollmann MW4. Peripheral regional anaesthesia and outcome: lessons learned from the last 10 years. *Br J Anaesth.* 2015 May;114(5):728-45.
- ¹³⁰ Ecoffey C, Oger E, Marchand-Maillet F, Cimino Y, Rannou JJ, Beloeil H; SOS French Regional Anaesthesia Hotline. Complications associated with 27031 ultrasound-guided axillary brachial plexus blocks: A web-based survey of 36 French centres. *Eur J Anaesthesiol.* 2014;31(11):606-10
- ¹³¹ Orebaugh SL, Kentor ML, Williams BA. Adverse outcomes associated with nerve stimulator-guided and ultrasound-guided peripheral nerve blocks by supervised trainees: update of a single-site database. *Reg Anesth Pain Med.* 2012;37(6):577-82.

-
- ¹³² Fingerman M, Benonis JG, Martin G. A practical guide to commonly performed ultrasound-guided peripheral-nerve blocks. *Curr Opin Anaesthesiol*. 2009;22(5):600-7.
- ¹³³ Ihnatsenka B, Boezaart AP. Ultrasound: Basic understanding and learning the language. *Int J Shoulder Surg*. 2010;4(3): 55–62.
- ¹³⁴ Gray AT1. Ultrasound-guided regional anesthesia: current state of the art. *Anesthesiology*. 2006 Feb;104(2):368-73
- ¹³⁵ Huynh TM1, Marret E, Bonnet F. Combination of dexamethasone and local anaesthetic solution in peripheral nerve blocks: A meta-analysis of randomised controlled trials. *Eur J Anaesthesiol*. 2015 Nov;32(11):751-8.
- ¹³⁶ Leurcharusmee P1, Aliste J, Van Zundert TC, Engsusophon P, Arnuntasupakul V, Tiayprasertkul W, Tangjitbampenbun A, Ah-Kye S, Finlayson RJ, Tran de QH. A Multicenter Randomized Comparison Between Intravenous and Perineural Dexamethasone for Ultrasound-Guided Infraclavicular Block. *Reg Anesth Pain Med*. 2016 May-Jun;41(3):328-33.
- ¹³⁷ Fredrickson Fanzca MJ, Danesh-Clough TK, White R. Adjuvant dexamethasone for bupivacaine sciatic and ankle blocks: results from 2 randomized placebo-controlled trials. *Reg Anesth Pain Med*. 2013 Jul-Aug;38(4):300-7
- ¹³⁸ Williams BA, Hough KA, Tsui BY, Ibinson JW, Gold MS, Gebhart GF. Neurotoxicity of adjuvants used in perineural anesthesia and analgesia in comparison with ropivacaine. *Reg Anesth Pain Med*. 2011;36:225–30.
- ¹³⁹ Gauss A, Tugtekin I, Georgieff M, Dinse-Lambracht A, Keipke D, Gorsewski G. Incidence of clinically symptomatic pneumothorax in ultrasound-guided infraclavicular and supraclavicular brachial plexus block. *Anaesthesia*. 2014;69(4):327-36.
- ¹⁴⁰ Chin KJ, Singh M, Velayutham V, Chee V. Infraclavicular brachial plexus block for regional anaesthesia of the lower arm. *Cochrane Database Syst Rev*. 2010;17(2):CD005487.
- ¹⁴¹ Koscielniak-Nielsen ZJ, Frederiksen BS, Rasmussen H, Hesselbjerg L. A comparison of ultrasound-guided supraclavicular and infraclavicular blocks for upper extremity surgery. *Acta Anaesthesiol Scand*. 2009;53(5):620-6.
- ¹⁴² Yazer MS, Finlayson RJ, Tran de QH. A randomized comparison between infraclavicular block and targeted intracuster injection supraclavicular block. *Reg Anesth Pain Med*. 2015;40(1):11-5.

-
- ¹⁴³ Harrison TK, Kim TE, Howard SK, Funck N, Wagner MJ, Walters TL, Curtin C, Chang J, Ganaway T, Mariano ER. Comparative Effectiveness of Infraclavicular and Supraclavicular Perineural Catheters for Ultrasound-Guided Through-the-Catheter Bolus Anesthesia. *J Ultrasound Med.* 2015 Feb;34(2):333-40.
- ¹⁴⁴ Fredrickson MJ, Wolstencroft P. Evidence-based medicine supports ultrasound-guided infraclavicular block over the corner pocket supraclavicular technique. *Reg Anesth Pain Med.* 2011;36(5):525-6.
- ¹⁴⁵ Petrar SD, Seltenrich ME, Head SJ, Schwarz SK. Hemidiaphragmatic paralysis following ultrasound-guided supraclavicular versus infraclavicular brachial plexus blockade: a randomized clinical trial. *Reg Anesth Pain Med.* 2015;40(2):133-8.
- ¹⁴⁶ Sala-Blanch X1, Reina MA, Pangthipampai P, Karmakar MK. Anatomic Basis for Brachial Plexus Block at the Costoclavicular Space: A Cadaver Anatomic Study. *Reg Anesth Pain Med.* 2016 May-Jun;41(3):387-91.
- ¹⁴⁷ Karmakar MK, Sala-Blanch X, Songthamwat B, Tsui BC. Benefits of the costoclavicular space for ultrasound-guided infraclavicular brachial plexus block: description of a costoclavicular approach. *Reg Anesth Pain Med* 2015;40:287-8.
- ¹⁴⁸ Demondion X, Herbinet P, Boutry N, Fontaine C, Francke JP, Cotten A. Sonographic mapping of the normal brachial plexus. *AJNR Am J Neuroradiol.* 2003;24(7):1303-9.
- ¹⁴⁹ Sauter AR, Smith HJ, Stubhaug A, Dodgson MS, Klaastad O. Use of magnetic resonance imaging to define the anatomical location closest to all three cords of the infraclavicular brachial plexus. *Anesth Analg.* 2006;103:1574–6.
- ¹⁵⁰ Moayeri N, Renes S, Van Geffen GJ, Groen GJ. Vertical infraclavicular brachial plexus block: needle redirection after elicitation of elbow flexion. *Reg Anesth Pain Med.* 2009;34:236–41.
- ¹⁵¹ Yoshida T1, Watanabe Y2, Furutani K2. Proximal approach for ultrasound-guided infraclavicular brachial plexus block. *Acta Anaesthesiol Taiwan.* 2016 Mar;54(1):31-2.
- ¹⁵² Rettig HC, Gielen MJ, Boersma E, Klein J, Groen GJ. Vertical infraclavicular block of the brachial plexus : effects on hemidiaphragmatic movement and ventilatory function. *Reg Anesth Pain Med* 2005; 30:529-35.
- ¹⁵³ Gaertner E, Estebe JP, Zamfir A, Cuby C, Macaire P. Infraclavicular plexus block: multiple injection versus single injection. *Reg Anesth Pain Med.* 2002;27:590–4.

-
- ¹⁵⁴ Rodríguez J, Bárcena M, Taboada-Muñiz M, Lagunilla J, Alvarez J. A comparison of single versus multiple injections on the extent of anesthesia with coracoid infraclavicular brachial plexus block. *Anesth Analg*. 2004;99:1225–30.
- ¹⁵⁵ Sandhu NS, Capan LM. Ultrasound-guided infraclavicular brachial plexus block. *Br J Anaesth*. 2002;89(2):254-9.
- ¹⁵⁶ Di Filippo A, Orando S, Luna A, Giancesello L, Boccaccini A, Campolo MC, De Gaudio AR. Ultrasound identification of nerve cords in the infraclavicular fossa: a clinical study. *Minerva Anesthesiol*. 2012;78(4):450-5.
- ¹⁵⁷ Tran DQH, Charghi R, Finlayson RJ. The “Double Bubble” sign for successful infraclavicular brachial plexus blockade. *Anesth Analg*. 2006;103:1048–9
- ¹⁵⁸ Arcand G, Williams SR, Chouinard P, Boudreault D, Harris P, Ruel M, Girard F. Ultrasound-guided infraclavicular versus supraclavicular block. *Anesth Analg*. 2005 Sep;101(3):886-90
- ¹⁵⁹ Marhofer P, Harrop-Griffiths W, Willschke H, Kirchmair L. Fifteen years of ultrasound guidance in regional anaesthesia: Part 2-recent developments in block techniques. *Br J Anaesth*. 2010;104(6):673-83.
- ¹⁶⁰ Netter FH (2007). *Atlas de Anatomía Humana. 4ª Edición*. Elsevier Doyma SL. Barcelona-España. Lámina 428
- ¹⁶¹ Bigeleisen PE, Moayeri N, Groen GJ. Extraneural versus intraneural stimulation thresholds during ultrasound-guided supraclavicular block. *Anesthesiology*. 2009;110:1235Y1243.
- ¹⁶² Techasuk W, Gonzalez AP, Bernucci F, Cupido T, Finlayson RJ, TranDQH. A randomized comparison between double-injection and targeted intracluster injection ultrasound-guided supraclavicular brachial plexus block. *Anesth Analg*. 2014;118:1363-69.
- ¹⁶³ Tran DQH, Dugani S, Correa JA, Diachenko A, Alsenosy N, Finlayson RJ. Minimum effective volume of lidocaine for ultrasound-guided supraclavicular block. *Reg Anesth Pain Med*. 2011;36:466–69.
- ¹⁶⁴ Tran DQH, Bertini P, Zaouter C, Munoz L, Finlayson RJ. A prospective, randomized comparison between single and double-injection ultrasound-guided infraclavicular brachial plexus block. *Reg Anesth Pain Med*. 2010;35(1):16-21.
- ¹⁶⁵ Luyet C1, Schüpfer G, Wipfli M, Greif R, Luginbühl M, Eichenberger U. Different Learning Curves for Axillary Brachial Plexus Block: Ultrasound Guidance versus Nerve Stimulation. *Anesthesiol Res Pract*. 2010;2010:309462.
- ¹⁶⁶ Konrad C, Schupfer G, Wietlisbach M, Gerber H. Learning manual skills in anesthesiology: is there a recommended number of cases for anesthetic procedures? *Anesth Analg*. 1998;86:635–39.

-
- ¹⁶⁷ Marhofer P, Weller R, McCartney CJL, et al. Zuers Ultrasound Experts Regional Anesthesia Statement. European Society of Anaesthesiologists' Newsletter. 2007; 30(Spring 07):9–11
- ¹⁶⁸ Barrington MJ, Viero LP, Kluger R, Clarke AL, Ivanusic JJ, Wong DM. Determining the learning curve for acquiring core sonographic skills for ultrasound-guided axillary brachial plexus block. *Reg Anesth Pain Med*. 2016;41:667–70.
- ¹⁶⁹ Wu F, Chen WZ, Bai J, Zou JZ, Wang ZL, Zhu H, et al. Tumor vessel destruction resulting from high-intensity focused ultrasound in patients with solid malignancies. *Ultrasound Med Biol* 2002;28:535–42.
- ¹⁷⁰ Noble ML, Vaezy S, Keshavarzi A, Paun M, Prokop AF, Chi EY, et al. Spleen hemostasis using high-intensity ultrasound: survival and healing. *J Trauma* 2002;53:1115–20.
- ¹⁷¹ Otsuka R, Fujikura K, Hirata K, Pulerwitz T, Oe Y, Suzuki T, et al. In vitro ablation of cardiac valves using high-intensity focused ultrasound. *Ultrasound Med Biol* 2005;31:109–14.
- ¹⁷² Clement GT. Perspectives in clinical uses of high-intensity focused ultrasound. *Ultrasonics* 2004;42:1087–93.
- ¹⁷³ Monzó E, Hajro M, Ruiz G, Abad E. Canalización venosa periférica en un paciente quirúrgico. *Rev Esp Anestesiología y Reanimación*. 2014 Apr;61(4):224-5.
- ¹⁷⁴ Sites BD, Gallagher JD, Cravero J, Lundberg J, Blike G. The learning curve associated with a simulated ultrasound-guided interventional task by inexperienced anesthesia residents. *Reg Anesth Pain Med*. 2004;29(6):544-8.
- ¹⁷⁵ Yang WT, Chui PT, Metreweli C. Anatomy of the normal brachial plexus revealed by sonography and the role of sonographic guidance in anesthesia of the brachial plexus. *AJR Am J Roentgenol*. 1998;171:1631–36
- ¹⁷⁶ Sheppard DG, Iyer RB, Fenstermacher MJ. Brachial plexus: demonstration at US. *Radiology*. 1998;208:402–4064.
- ¹⁷⁷ Guzeldemir ME, Ustonov B. Ultrasonographic guidance in placing a catheter for continuous axillary brachial plexus block. *Anest Analg*. 1995;81:882–83
- ¹⁷⁸ Klaastad O, Sauter AR, Dodgson MS. Brachial plexus block with or without ultrasound guidance. *Curr Opin Anaesthesiol*. 2009;22(5):655-60.
- ¹⁷⁹ Bonnel F. Microscopic anatomy of the adult human brachial plexus: an anatomical and histological basis for microsurgery. *Microsurgery*. 1984;5(3):107-18.

-
- ¹⁸⁰ Sauter AR, Dogston MS, Stubhaug A, Halstensen AM, Klaastad O. Electrical nerve stimulation or ultrasound guidance for lateral sagittal infraclavicular blocks: a randomized controlled, observer blinded, comparative study. *Anesth Analg*. 2008;106(6):1910-5.
- ¹⁸¹ Gürkan Y, Acar S, Solak M, Toker K. Comparison of nerve stimulation vs. ultrasound-guided lateral sagittal infraclavicular block. *Acta Anaesthesiol Scand*. 2008;52(6):851-5.
- ¹⁸² Bergman RA, Thompson, SA, Afifi, AK, Saadeh, FA. *Compendium of human anatomic variation: Test, Atlas and World Literature*. ed. Baltimore Urban & Schwarzeberg;1988.
- ¹⁸³ Tountas CP, Bergman RA. *Anatomic Variations of the Upper Extremity*. Ed New York: Churchill Livingstone;1993.
- ¹⁸⁴ Johnson EO, Vekris M, Demesticha T, Soucacos PN. Neuroanatomy of the brachial plexus: normal and variant anatomy of its formation. *Surg Radiol Anat*. 2010;32(3):291-7.
- ¹⁸⁵ Kumar N, Guru A, D'Souza MR, Patil J, Nayak B S. Incidences and Clinical Implications of Communications between Musculocutaneous Nerve and Median Nerve in the Arm - A Cadaveric Study. *West Indian Med J*. 2013; 62(8):744-7.
- ¹⁸⁶ Datta I, Ghoshal AK, Ray A. Complete absence of lateral root of median nerve and communication of musculocutaneous nerve with median nerve--a case report. *J Indian Med Assoc*. 2011;109(5):341-2.
- ¹⁸⁷ Butz JJ, Shiwochan DG1, Brown KC1, Prasad AM2, Murlimanju BV3, Viswanath S1. Bilateral variations of brachial plexus involving the median nerve and lateral cord: An anatomical case study with clinical implications. *Australas Med J*. 2014;7(5):227-31.
- ¹⁸⁸ Bhanu PS, Sankar KD. Bilateral absence of musculocutaneous nerve with unusual branching pattern of lateral cord and median nerve of brachial plexus. *Anat Cell Biol*. 2012;45(3):207-10.
- ¹⁸⁹ Pandey SK, Shukla VK. Anatomical variations of the cords of brachial plexus and the median nerve. *Clin Anat*. 2007;20(2):150-6.
- ¹⁹⁰ Ebenezer DA, Rathinam BA. Rare multiple variations in brachial plexus and related structures in the left upper limb of a Dravidian male cadaver. *Anat Cell Biol*. 2013; 46(2):163-6.
- ¹⁹¹ Harry WG, Bennett JD, Guha SC. Scalene muscles and the brachial plexus: anatomical variations and their clinical significance. *Clin Anat*. 1997;10(4):250-2
- ¹⁹² Gutton C, Choquet O, Antonini F, Grossi P. Ultrasound-guided interscalene block: influence of anatomic variations in clinical practice. *Ann Fr Anesth Reanim*. 2010;29:770-5

-
- ¹⁹³ Aggarwal A, Sahni D, Kaur H, Batra YK, Sondekoppam RV. A rare anatomical variation of the brachial plexus: single cord anomaly. *Anesth Analg*. 2012;114(2):466-70.
- ¹⁹⁴ Satapathy AR, Coventry DM. Axillary brachial plexus block. *Anesthesiol Research Practice* 2011:1–5.
- ¹⁹⁵ Salopek D, Dujmovic A, Hadjina J, Topic I. Bilateral arterial and nervous variations in the human upper limb: a case report. *Ann Anat*. 2007;189(3):290-4.
- ¹⁹⁶ Thwin SS, Zaini F, Than M, Lwin S, Myint M. Unusual variations of the lateral and posterior cords in a female cadaver. *Singapore Med J*. 2012 Jun;53(6):e128-30.
- ¹⁹⁷ Uysal II, Seker M, Karabulut AK, Büyükmumcu M, Ziylan T. Brachial plexus variations in human fetuses. *Neurosurgery*. 2003;53(3):676-84.
- ¹⁹⁸ Singer E. (1933) Human brachial plexus united into a single cord. *Anat. Rec*. 55, 411–19.
- ¹⁹⁹ Machi A, Soo J, Suresh P, Cheng CR, Bishop ML, Loland V, Sandhu NS. Ultrasound-guided infraclavicular block: to target the axillary artery or the cords?. *Anesth Analg*. 2011;113(4):956.
- ²⁰⁰ Sandhu NS, Bahniwal C, Capan L. Feasibility of an Infraclavicular Block With a Reduced volume of Lidocaine With Sonographic Guidance. *J Ultrasound Med*. 2006;25(1):51–6
- ²⁰¹ Gray H. Cervical nerves and brachial plexus. In: *Gray's Anatomy. Descriptive and Surgical*, 10th ed. London: Longman, Green, and. Co.; 1883. p. 533-41.
- ²⁰² Testut L. *Traite' d'anatomie humaine. Tome deuxième*. Ed. Paris: Doin;1929.
- ²⁰³ Blair DN, Sostman HD, Blair OC. Normal brachial plexus: MR imaging. *Radiology*. 1987;165(3):763-7.
- ²⁰⁴ Posniak HV, Olson MC, Dudiak CM, Wisniewski R, O'Malley C. MR imaging of the brachial plexus. *AJR Am J Roentgenol*. 1993;161(2):373-9.
- ²⁰⁵ Sharma D, Srivastava N, Pawar S, Garg R, Nagpal VK. Infraclavicular brachial plexus block: Comparison of posterior cord stimulation with lateral or medial cord stimulation, a prospective double blinded study. *Saudi J Anaesth*. 2013;7(2):134-7.

-
- ²⁰⁶ Lecomwasam H1, Mayfield J, Rosow L, Chang Y, Carter C, Rosow C. Stimulation of the posterior cord predicts successful infraclavicular block. *Anesth Analg*. 2006 May;102(5):1564-8.
- ²⁰⁷ Maecken T1, Zenz M, Grau T. Ultrasound characteristics of needles for regional anesthesia. *Reg Anesth Pain Med*. 2007 Sep-Oct;32(5):440-7.
- ²⁰⁸ Bloc S, Ecoffey C, Dhonneur G. Controlling needle tip progression during ultrasound-guided regional anesthesia using the hydrolocalization technique. *Reg Anesth Pain Med*. 2008 Jul-Aug;33(4):382-3.
- ²⁰⁹ Tsui BC. Dextrose 5% in water as an alternative medium to gel for performing ultrasound-guided peripheral nerve blocks. *Reg Anesth Pain Med*. 2009 Sep-Oct;34(5):525-7.
- ²¹⁰ Tsui BC, Kropelin B. The electrophysiological effect of dextrose 5% in water on single-shot peripheral nerve stimulation. *Anesth Analg*. 2005;100(6):1837-39.
- ²¹¹ Kalagara HK, Uppal V, McKinlay S, Macfarlane AJ, Anderson K. Effect of body mass index on angle of needle insertion during ultrasound-guided lateral sagittal infraclavicular brachial plexus block. *J Clin Anesth*. 2015 Aug;27(5):375-9.
- ²¹² Eichenberger A, Proietti S, Wicky S, Frascarolo P, Suter M, Spahn DR, Magnusson L. Morbid obesity and postoperative pulmonary atelectasis: an underestimated problem. *Anesth Analg*. 2002;95(6):1788-92.
- ²¹³ Sandhu NS, Manne JS, Medabalmi PK, Capan LM. Sonographically guided infraclavicular brachial plexus block in adults: a retrospective analysis of 1146 cases. *J Ultrasound Med*. 2006;25(12):1555-61.
- ²¹⁴ Bigeleisen P, Wilson M. A comparison of two techniques for ultrasound guided infraclavicular block. *Br J Anaesth*. 2006 Apr;96(4):502-7.
- ²¹⁵ Ruíz A1, Sala X, Bargalló X, Hurtado P, Arguis MJ, Carrera A. The influence of arm abduction on the anatomic relations of infraclavicular brachial plexus: an ultrasound study. *Anesth Analg*. 2009 Jan;108(1):364-6.
- ²¹⁶ Auyong DB, Gonzales J, Benonis JG. The Houdini clavicle: arm abduction and needle insertion site adjustment improves needle visibility for the infraclavicular nerve block. *Reg Anesth Pain Med*. 2010 Jul-Aug;35(4):403-4.
- ²¹⁷ Neal JM, Gerancher JC, Hebl JR, Ilfeld BM, McCartney CJ, Franco CD, Hogan QH. Upper extremity regional anesthesia: essentials of our current understanding, 2008. *Reg Anesth Pain Med*. 2009;34(2):134-70.

-
- ²¹⁸ Borene SC, Edwards JN, Boezaart AP. At the cords, the pinkie towards: Interpreting infraclavicular motor responses to neurostimulation. *Reg Anesth Pain Med* 2004;29(2):125-9.
- ²¹⁹ Groen GJ, Gielen MJ, Jack NT, Knape JT. At the cords, the pinkie towards: interpreting infraclavicular motor responses to neurostimulation. *Reg Anesth Pain Med*. 2004;29(5):505-7
- ²²⁰ Gürkan Y, Aksu C, Toker K, Solak M. Ultrasound-guided infraclavicular and sciatic block for a patient who had surgery simultaneously for syndactyli of the right hand and polydactylia of the right foot: Case report. *Agri*. 2014;26(4):184-6.
- ²²¹ Nadeau MJ, Lévesque S, Dion N. Ultrasound-guided regional anesthesia for upper limb surgery. *Can J Anaesth*. 2013;60(3):304-20.
- ²²² Asghar S, Lundstrøm LH, Bjerregaard LS, Lange KH. Ultrasound-guided lateral infraclavicular block evaluated by infrared thermography and distal skin temperature. *Acta Anaesthesiol Scand*. 2014;58(7):867-74.
- ²²³ Chin KJ, Singh M, Velayutham V, Chee V. Infraclavicular brachial plexus block for regional anaesthesia of the lower arm. *Anesth Analg*. 2010;111(4):1072.
- ²²⁴ Gelfand HJ, Ouanes JP, Lesley MR, Ko PS, Murphy JD, Sumida SM, Isaac GR, Kumar K, Wu CL. Analgesic efficacy of ultrasound-guided regional anesthesia: a meta-analysis. *J Clin Anesth*. 2011;23(2):90-6.
- ²²⁵ López-Morales S, Moreno-Martín A, Leal del Ojo JD, Rodríguez-Huertas F. Ultrasound-guided axillary block versus ultrasound-guided infraclavicular block for upper extremity surgery. *Rev Esp Anesthesiol Reanim*. 2013;60(6):313-9.
- ²²⁶ Gürkan Y, Hoşten T, Tekin M, Acar S, Solak M, Toker K. Comparison of ltrasound-guided supraclavicular and infraclavicular approaches for brachial plexus blockade. *Agri*. 2012;24(4):159-64.
- ²²⁷ Neal JM, Wedel DJ. Ultrasound guidance and peripheral nerve injury. Is our vision as sharp as we think it is?. *Reg Anesth Pain Med*. 2010;35(4):335-7
- ²²⁸ Akyildiz E, Gürkan Y, Caglayan C, Solak M, Toker K. Single vs doublé stimulation during a lateral sagital infraclavicular block. *Acta Anaesthesiol Scand*. 2009;53(10):1262-7
- ²²⁹ Chin KJ, Alakkad H, Cubillos JE. Single, double or multiple-injection techniques for non-ultrasound guided axillary brachial plexus block in adults undergoing surgery of the lower arm. *Cochrane Database Syst Rev*. 2013; 8:CD003842.

-
- ²³⁰ Ponde V, Shah D, Johari A. Confirmation of local anesthetic distribution by radio-opaque contrast spread after ultrasound guided infraclavicular catheters placed along the posterior cord in children: a prospective analysis. *Paediatr Anaesth*. 2015;25(3):253-7.
- ²³¹ Brull R, Macfarlane AJ, Parrington SJ, Koshkin A, Chan VW. Is circumferential injection advantageous for ultrasound-guided popliteal sciatic nerve block?: A proof-of-concept study. *Reg Anesth Pain Med*. 2011;36(3):266-70.
- ²³² De Jong RH. Dynamics of nerve block. In *Local anesthetics*. Ed. St. Louis. Mosby-Year Book Inc. 1994 (ISBN 0-8016-6931 – 6).
- ²³³ Dufour E, Cymerman A, Nourry G, Balland N, Couturier C, Liu N, Dreyfus JF, Fischler M. *Anesth Analg*. 2010;111(2):561-7.
- ²³⁴ Koscielniak-Nielsen ZJ. Ultrasound-guided peripheral nerve blocks: what are the benefits?. *Acta Anaesthesiol Scand*. 2008;52(6):727-37.
- ²³⁵ Sites BD, Chan VW, Neal JM, Weller R, Grau T, Koscielniak-Nielsen ZJ, Ivani G; The American Society of Regional Anesthesia and Pain Medicine and the European Society Of Regional Anaesthesia and Pain Therapy Joint Committee recommendations for education and training in ultrasound-guided regional anesthesia. *Reg Anesth Pain Med*. 2009;34(1):40-6
- ²³⁶ Eng HC, Ghosh SM, Chin KJ. Practical use of local anesthetics in regional anesthesia. *Curr Opin Anaesthesiol*. 2014;27(4):382-7.
- ²³⁷ O'Donnell BD, Iohom G. Local anesthetic dose and volume used in ultrasound-guided peripheral nerve blockade. *Int Anesthesiol Clin*. 2010;48(4):45-58.
- ²³⁸ Renes SH, Rettig HC, Gielen MJ, Wilder-Smith OH, Van Geffen GJ. Ultrasound-guided low-dose interscalene brachial plexus block reduces the incidence of hemidiaphragmatic paresis. *Reg Anesth Pain Med*. 2009;34(5):498-502.
- ²³⁹ Falcão LF, Perez MV, de Castro I, Yamashita AM, Tardelli MA, Amaral JL. Minimum effective volume of 0.5% bupivacaine with epinephrine in ultrasound-guided interscalene brachial plexus block. *Br J Anaesth*. 2013;110(3):450-5.
- ²⁴⁰ Stundner O1, Meissnitzer M2, Brummett CM3, Moser S3, Forstner R2, Koköfer A4, Danninger T4, Gerner P4, Kirchmair L5, Fritsch G4. Comparison of tissue distribution, phrenic nerve involvement, and epidural spread in standard- vs low-volume ultrasound-guided interscalene plexus block using contrast magnetic resonance imaging: a randomized, controlled trial. *Br J Anaesth*. 2016 Mar;116(3):405-12.

-
- ²⁴¹ Renes SH, Spoormans HH, Gielen MJ, Rettig HC, Van Geffen GJ. Hemidiaphragmatic paresis can be avoided in ultrasound-guided supraclavicular brachial plexus block. *Reg Anesth Pain Med*. 2009;34(6):595-9.
- ²⁴² Harper GK, Stafford MA, Hill DA. Minimum volume of local anaesthetic required to surround each of the constituent nerves of the axillary brachial plexus, using ultrasound guidance: a pilot study. *Br J Anaesth*. 2010;104(5):633-6.
- ²⁴³ O'Donnell BD, Iohom G. An estimation of the minimum effective anesthetic volume of 2% lidocaine in ultrasound-guided axillary brachial plexus block. *Anesthesiology*. 2009;111(1):25-9.
- ²⁴⁴ Eichenberger U, Stöckli S, Marhofer P, Huber G, Willmann P, Kettner SC, Pleiner J, Curatolo M, Kapral S. Minimal local anesthetic volume for peripheral nerve block: a new ultrasound-guided, nerve dimension-based method. *Reg Anesth Pain Med*. 2009;34(3):242-6.
- ²⁴⁵ Orebaugh S, Williams B, Vallejo M, Kentor M. Adverse outcomes associated with stimulator-based peripheral nerve blocks with versus without ultrasound visualization. *Reg Anesth Pain Med*. 2009;34:251Y255.
- ²⁴⁶ Lo N, Brull R, Perlas A, et al. Evolution of ultrasound guided axillary brachial plexus blockade: retrospective analysis of 662 blocks. *Can J Anaesth*. 2008;55:408Y413.
- ²⁴⁷ Serradell A, Herrero R, Villanueva JA, Santos JA, Moncho JM, Masdeu J. Comparison of three different volumes of mepivacaine in axillary plexus block using multiple nerve stimulation. *Br J Anaesth*. 2003;9:519Y524.
- ²⁴⁸ McCartney CJ, Patel S. Local anesthetic volume for peripheral nerve blocks: how low can (or should) we go?. *Reg Anesth Pain Med*. 2012 May-Jun;37(3):239-41.
- ²⁴⁹ Koscielniak-Nielsen ZJ1, Rasmussen H, Hesselbjerg L, Gürkan Y, Belhage B. Clinical evaluation of the lateral sagittal infraclavicular block developed by MRI studies. *Reg Anesth Pain Med*. 2005 Jul-Aug;30(4):329-34.
- ²⁵⁰ Lecours M, Lévesque S, Dion N, Nadeau MJ, Dionne A, Turgeon AF. Can J. Complications of single-injection ultrasound-guided infraclavicular block: a cohort study. *Anaesth*. 2013;60(3):244-52.
- ²⁵¹ Desgagnés MC, Lévesque S, Dion N, Nadeau MJ, Côté D, Brassard J, Nicole PC, Turgeon AF. A comparison of a single or triple injection technique for ultrasound-guided infraclavicular block: a prospective randomized controlled study. *Anesth Analg*. 2009;109(2):668-72.

-
- ²⁵² Tran de QH, Russo G, Muñoz L, Zaouter C, Finlayson RJ. A prospective, randomized comparison between ultrasound-guided supraclavicular, infraclavicular, and axillary brachial plexus blocks. *Reg Anesth Pain Med.* 2009;34(4):366-71.
- ²⁵³ Mariano ER, Sandhu NS, Loland VJ, Bishop ML, Madison SJ, Abrams RA, Meunier MJ, Ferguson EJ, Ilfeld BM. A randomized comparison of infraclavicular and supraclavicular continuous peripheral nerve blocks for postoperative analgesia. *Reg Anesth Pain Med.* 2011;36(1):26-31.
- ²⁵⁴ Taboada M, Rodriguez J, Amor M, Sabaté S, Alvarez J, Cortés J, Atanassoff PG. Is ultrasound guidance superior to conventional nerve stimulation for coracoid infraclavicular brachial plexus block?. *Reg Anesth Pain Med.* 2009;34(4):357-60.
- ²⁵⁵ Tedore TR1, YaDeau JT, Maalouf DB, Weiland AJ, Tong-Ngork S, Wukovits B, Paroli L, Urban MK, Zayas VM, Wu A, Gordon MA. Comparison of the transarterial axillary block and the ultrasound-guided infraclavicular block for upper extremity surgery: a prospective randomized trial. *Reg Anesth Pain Med.* 2009;34(4):361-5.
- ²⁵⁶ Tran DQ, Dugani S, Dyachenko A, Correa JA, Finlayson RJ. Minimum effective volume of lidocaine for ultrasound-guided infraclavicular block. *Reg Anesth Pain Med.* 2011;36(2):190-4.
- ²⁵⁷ Flohr-Madsen S, Ytrebø LM, Kregnes S, Wilsgaard T, Klaastad Ø. Minimum effective volume of ropivacaine 7.5 mg/ml for an ultrasound-guided infraclavicular brachial plexus block. *Acta Anaesthesiol Scand.* 2013;57(4):495-501.
- ²⁵⁸ Jiang XB, Zhu SZ, Jiang Y, Chen QH, Xu XZ. Optimal dose of local anesthetic mixture in ultrasound-guided infraclavicular brachial plexus block via coracoid approach: analysis of 160 cases. *Zhonghua Yi Xue Za Zhi.* 2009;89(7):449-52.
- ²⁵⁹ Tekin M, Gürkan Y, Ceylan DB, Solak M, Toker K. Ultrasound-guided bilateral infraclavicular block: case report. *Agri.* 2010;22(1):41-3
- ²⁶⁰ Kiliçaslan A, Erol A, Topal A, Selimoğlu MN, Otelcioğlu Ş. Combined use of ultrasound guided infraclavicular block and lateral femoral cutaneous nerve block in upper extremity reconstruction requiring large skin graft: case report. *Agri.* 2013;25(3):133-6.
- ²⁶¹ Eren G, Altun E, Pektas Y, Polat Y, Cetingok H, Demir G, Bilgi D, Tekdos Y, Dogan M. To what extent can local anesthetics be reduced for infraclavicular block with ultrasound guidance? *Anaesthesist.* 2014;63(10):760-5.

-
- ²⁶² Gonzalez AP, Bernucci F, Techasuk W, et al. A randomized comparison between 3 combinations of volume and concentration of lidocaine for ultrasound-guided infraclavicular block. *Reg Anesth Pain Med*. 2013;38:206–11.
- ²⁶³ Duggan E, El Beheiry H, Perlas A, Lupu M, Nuica A, Chan VW, Brull R. Minimum effective volume of local anesthetic for ultrasound-guided supraclavicular brachial plexus block. *Reg Anesth Pain Med*. 2009;34(3):215-8.
- ²⁶⁴ Duggan E, Massey FJ. *Introduction to Statistical Analysis*. 4th ed. New York, NY: McGraw-Hill; 1983:377Y394.
- ²⁶⁵ Fredrickson MJ, Abeysekera A, White R. Randomized study of the effect of local anesthetic volume and concentration on the duration of peripheral nerve blockade. *Reg Anesth Pain Med*. 2012;37(5):495-501.
- ²⁶⁶ Gupta PK, Hopkins PM. Effect of concentration of local anaesthetic solution on the ED₅₀ of bupivacaine for supraclavicular brachial plexus block. *Br J Anaesth*. 2013; 111(2):293–6
- ²⁶⁷ Van Geffen GJ, Van den Broek E, Giele JL, Gielen MJ, Scheffer GJ. A prospective randomised controlled trial of ultrasound guided versus nerve stimulation guided distal sciatic nerve block at the popliteal fossa. *Anaesth Intensive Care*. 2009;37:32Y37.
- ²⁶⁸ Popitz-Bergez FA, Leeson S, Strichartz GR, Thalhammer JG. Relation between functional deficit and intraneural local anesthetic during peripheral nerve block: a study in the rat sciatic nerve. *Anesthesiology*. 1995;83(3):583-92.
- ²⁶⁹ Raymond SA, Steffensen SC, Gugino LD, Strichartz GR. The role of length of nerve exposed to local anesthetics in impulse blocking action. *Anesth Analg*. 1989; 68(5):563-70.
- ²⁷⁰ Nakamura T, Popitz-Bergez F, Birknes J, Strichartz GR. The critical role of concentration for lidocaine block of peripheral nerve in vivo: studies of function and drug uptake in the rat. *Anesthesiology*. 2003;99(5):1189-97.
- ²⁷¹ Gómez-Arnau JI, Yangüela J, González A, Andrés Y, García del Valle S, Gili P, Fernández-Guisasola J, Arias A. Anaesthesia-related diplopia after cataract surgery. *Br J Anaesth*. 2003;90(2):189-93.
- ²⁷² Hogan QH. Myotoxicity. In JM Neal and JP Rathmell (ed.s) *Complications in Regional Anesthesia and Pain Medicine*, 2nd Ed. Saunders, Philadelphia. 2013, pp.170-6.
- ²⁷³ Lirk P, Picardi S, Hollmann MW. Local anaesthetics: 10 essentials. *Eur J Anaesthesiol*. 2014;31(11):575-85.
- ²⁷⁴ Mulroy MF, Hejtmanek MR. Prevention of local anesthetic systemic toxicity. *Reg Anesth Pain Med*. 2010;35(2):177-80.

-
- ²⁷⁵ Cox B, Durieux ME, Marcus MA. Toxicity of local anaesthetics. *Best Pract Res Clin Anaesthesiol.* 2003;17(1):111-36.
- ²⁷⁶ Barrington MJ, Watts SA, Gledhill SR, Thomas RD, Said SA, Snyder GL, Tay VS, Jamrozik K. Preliminary results of the Australasian Regional Anaesthesia Collaboration: a prospective audit of more than 7000 peripheral nerve and plexus blocks for neurologic and other complications. *Reg Anesth Pain Med.* 2009;34(6):534-41.
- ²⁷⁷ Brull R, Lupu M, Perlas A, Chan VW, McCartney CJ. Compared with dual nerve stimulation, ultrasound guidance shortens the time for infraclavicular block performance. *Can J Anaesth.* 2009;56(11):812-8.
- ²⁷⁸ Fredrickson MJ, Patel A, Young S, Chinchawala S. Speed of onset of "corner pocket supraclavicular" and infraclavicular ultrasound guided brachial plexus block: a randomised observer-blinded comparison. *Anaesthesia* 2009;64(7):738-44
- ²⁷⁹ Renes S, Clark L, Gielen M, Spoormans H, Giele J, Wadhwa A. A simplified approach to vertical infraclavicular brachial plexus blockade using hand-held Doppler. *Anesth Analg.* 2008;106(3):1012-4.
- ²⁸⁰ Choquet O, Morau D, Biboulet P, Capdevila X. Where should the tip of the needle be located in ultrasound-guided peripheral nerve blocks?. *Curr Opin Anaesthesiol.* 2012 Oct; 25(5):596-602.
- ²⁸¹ Mirkheshti A, Saadatniaki A, Salimi A, Manafi Rasi A, Memary E, Yahyaei H. Effects of dexmedetomidine versus ketorolac as local anesthetic adjuvants on the onset and duration of infraclavicular brachial plexus block. *Anesth Pain Med.* 2014;4(3):e17620.
- ²⁸² Dingemans E, Williams SR, Archand G, Chouinard P, Harris P, Ruel M, Girard F. Neurostimulation in ultrasound-guided infraclavicular block: a prospective randomized trial. *Anesth Analg.* 2007;104(5):1275–80.
- ²⁸³ Bowens C Jr, Gupta RK, O'Byrne WT, Schildcrout JS, Shi Y, Hawkins JJ, Michaels DR, Berry JM. Selective local anesthetic placement using ultrasound guidance and neurostimulation for infraclavicular brachial plexus block. *Anesth Analg.* 2010;110(5):1480-5.
- ²⁸⁴ Morimoto M, Popovic J, Kim JT, Kiamzon H, Rosenberg AD. Case series: Septa can influence local anesthetic spread during infraclavicular plexus blocks. *Can J Anaesth.* 2007;54(12):1006-10.
- ²⁸⁵ Benkhadra M, Faust A, Fournier R, Aho LS, Girard C, Feigl G. Possible explanation for failures during infraclavicular block: an anatomical observation on Thiel's embalmed cadavers. *Br J Anaesth.* 2012;109(1):128-9.

-
- ²⁸⁶ Fredrickson MJ, Wolstencroft P, Kejriwal R, Yoon A, Boland MR, Chinchawala S. Single versus triple injection ultrasound-guided infraclavicular block: confirmation of the effectiveness of the single injection technique. *Anesth Analg*. 2010;111(5):1325-7.
- ²⁸⁷ Koscielniak-Nielsen ZJ, Dahl JB. Ultrasound-guided peripheral nerve blockade of the upper extremity. *Curr Opin Anaesthesiol*. 2012;25(2):253-9.
- ²⁸⁸ Koscielniak-Nielsen ZJ, Stens-Pedersen HL, Knudsen Lippert F. Readiness for surgery after axillary block: single or multiple injection techniques. *Eur J Anaesthesiol*. 1997;14(2):164-71.
- ²⁸⁹ Koscielniak-Nielsen ZJ, Hesselbjerg L, Fejlberg V. Comparison of transarterial and multiple nerve stimulation techniques for an initial axillary block by 45 mL of mepivacaine 1% with adrenaline. *Acta Anaesthesiol Scand*. 1998;42(5):570-5.
- ²⁹⁰ Koscielniak-Nielsen ZJ, Rotbøll Nielsen P, Sørensen T, Stenør M. Low dose axillary block by targeted injections of the terminal nerves. *Can J Anaesth*. 1999;46(7):658-64.
- ²⁹¹ Sia S, Bartoli M, Lepri A, Marchini O, Ponzecchi P. Multiple-injection axillary brachial plexus block: a comparison of two methods of nerve localization-nerve stimulation versus paresthesia. *Anesth Analg*. 2000;91(3):647-51.
- ²⁹² Casati A, Danelli G, Baciarello M, et al. A prospective, randomized comparison between ultrasound and nerve stimulation guidance for multiple injection axillary brachial plexus block. *Anesthesiology* 2007;106(5):992-6.
- ²⁹³ Sia S, Bartoli M. Selective ulnar nerve localization is not essential for axillary brachial plexus block using a multiple nerve stimulation technique. *Reg Anesth Pain Med*. 2001;26(1):12-6.
- ²⁹⁴ Coventry DM, Barker KF, Thomson M. Comparison of two neurostimulation techniques for axillary brachial plexus blockade. *Br J Anaesth*. 2001;86(1):80-3.
- ²⁹⁵ Sia S, Lepri A, Ponzecchi P. Axillary brachial plexus block using peripheral nerve stimulator: a comparison between double- and triple-injection techniques. *Reg Anesth Pain Med*. 2001;26:499-503.
- ²⁹⁶ Deleuze A, Gentili ME, Marret E, Lamonerie L, Bonnet F. A comparison of a single-stimulation lateral infraclavicular plexus block with a triple-stimulation axillary block. *Reg Anesth Pain Med*. 2003;28(2):89-94.
- ²⁹⁷ Sia S, Lepri A, Marchi M. Axillary block by "selective" injections at the nerves involved in surgery using a peripheral nerve stimulator: a comparison with a "standard" triple-injection technique. *Reg Anesth Pain Med*. 2010;35(1):22-7.

-
- ²⁹⁸ Fuzier R, Fourcade O, Fuzier V, Albert N, Samii K, Olivier M. Double- vs. single-injection infraclavicular plexus block in the emergency setting: higher success rate with lower volume of local anaesthetic. *Eur J Anaesthesiol*. 2006;23(4):271-5.
- ²⁹⁹ Bloc S, Garnier T, Komly B, Leclerc P, Mercadal L, Morel B, Dhonneur G. Ultrasound-guided infraclavicular block: a preliminary study of feasibility. *Ann Fr Anesth Reanim*. 2007;26(7-8):627-32.
- ³⁰⁰ Wu TJ, Lin SY, Liu CC, Chang HC, Lin CC. Ultrasound imaging aids infraclavicular brachial plexus block. *Ma Zui Xue Za Zhi*. 1993;31(2):83-6.
- ³⁰¹ Koscielniak-Nielsen ZJ, Rasmussen H, Hesselbjerg L. Pneumothorax after an ultrasound-guided lateral sagittal infraclavicular block. *Acta Anaesthesiol Scand*. 2008;52(8):1176-7.
- ³⁰² Koscielniak-Nielsen Z, Nielsen PR, Mortensen CR. A comparison of coracoid and axillary approaches to the brachial plexus. *Acta Anaesthesiol Scand*. 2000;44(3):274-9.
- ³⁰³ Tran DQ, Russo G, Muñoz L, Zaouter C, Finlayson RJ. A prospective, randomized comparison between ultrasound-guided supraclavicular, infraclavicular, and axillary brachial plexus blocks. *Reg Anesth Pain Med*. 2009;34(4):366-71.
- ³⁰⁴ Rodríguez J, Bárcena M, Alvarez J. Restricted infraclavicular distribution of the local anesthetic solution after infraclavicular brachial plexus block. *Reg Anesth Pain Med*. 2003;28(1):33-6.
- ³⁰⁵ Yang CW, Jung SM, Kwon HU, Kang PS, Cho CK, Choi HJ. Transient hemidia-phragmatic paresis after ultrasound-guided lateral sagittal infraclavicular block. *J Clin Anesth*. 2013;25(6):496-8.
- ³⁰⁶ Tucker GT, Mather LE. Properties, absorption, and disposition of local anesthetic agents. In: Cousins MJ, Bridenbough PO, eds. *Neural Blockade in Clinical Anesthesia and Management of Pain*. Philadelphia: Lippincott Company; 1988. pp. 47–111.
- ³⁰⁷ Behnke H, Worthmann F, Cornelissen J, Kahl M, Wulf H. Plasma concentration of ropivacaine after intercostal blocks for video-assisted thoracic surgery. *Br J Anaesth*. 2002;89(2):251-3.
- ³⁰⁸ Fredrickson MJ, Kilfoyle DH. Neurological complication analysis of 1000 ultrasound guided peripheral nerve blocks for elective orthopaedic surgery: a prospective study. *Anaesthesia* 2009;64(8):836-44.
- ³⁰⁹ Benhamou D, Auroy Y, Amalberti R. Safety during regional anesthesia: what do we know and how can we improve our practice? [editorial]. *Reg Anesth Pain Med*. 2010;35(1):1-3.

-
- ³¹⁰ Hara K, Sakura S, Yokokawa N, Tadenuma S. Incidence and effects of unintentional intraneural injection during ultrasound-guided subgluteal sciatic nerve block. *Reg Anesth Pain Med*. 2012;37(3):289-93.
- ³¹¹ Cohen JM, Gray AT. Functional deficits after intraneural injection during interscalene block. *Reg Anesth Pain Med* 2010 Jul-Aug;35(4):397-9.
- ³¹² Cheung S, Rohling R. Enhancement of needle visibility in ultrasound-guided percutaneous procedures. *Ultrasound Med Biol*. 2004;30(5):617–24.
- ³¹³ SouzdaInitski D, Lerman I, Halaszynski TM (2011). How to Improve Needle Visibility. In: Narouze SM. *Atlas of Ultrasound-Guided Procedures in Interventional Pain Management*. New York. Ed. Springer. 2011:36-65
- ³¹⁴ Greco F. *Echography in anesthesiology, intensive care and emergency medicine: A beginner's guide*. Paris, France: Springer-Verlag; 2010



Mutua de Accidentes de Trabajo y Enfermedades
Profesionales de la Seguridad Social Número 61

Certificado

Título: Evaluación Topográfica mediante ultrasonidos del plexo braquial a nivel infraclavicular parasagital. Implicaciones anestésicas.

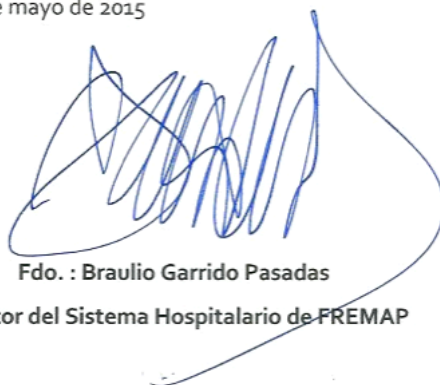
Investigador: Dr. Enrique Monzó Abad

D. Braulio Garrido Pasadas con DNI 30200660 G como Director del Sistema Hospitalario de FREMAP Mutua de Accidentes de Trabajo y Enfermedades Profesionales de la Seguridad Social Nº 61 con domicilio en Ctra Pozuelo, 61 y con CIF G28207017 certifica que tras la evaluación realizada de la propuesta del investigador relativa al estudio especificado, considera que el estudio mantuvo la confidencialidad de los datos y garantizó las normas éticas aplicables a tal proyecto.

Y para que así conste emito el presente certificado.

En Majadahonda a, 11 de mayo de 2015

Un cordial saludo



Fdo. : Braulio Garrido Pasadas
Director del Sistema Hospitalario de FREMAP

(espacio para etiqueta)

Para llevar a cabo el procedimiento al que va a ser sometido: (intervención quirúrgica / exploración / tratamiento del dolor / canalización vía venosa central), es necesario la aplicación de ANESTESIA (**general, regional, local, sedación o una combinación de ellas**). Estas técnicas son realizadas por un Médico Especialista en Anestesiología y Reanimación que permanecerá con vd, durante todo el tiempo que dure el procedimiento.

Cualquier técnica anestésica conlleva riesgos. La probabilidad de una complicación anestésica es del 1% y la mortalidad de causa exclusivamente anestésica es del 1/10.000 casos.

El riesgo anestésico está directamente relacionado con el estado de salud previo del paciente y con las situaciones de urgencia, sobre todo si ha comido o bebido en las últimas 6 horas. También es mayor en pacientes obesos, con hábitos de adicción al tabaco, alcohol, drogas, etc.

Las complicaciones más importantes en el transcurso de un procedimiento anestésico son:

- Reacciones alérgicas o anafilácticas** a la administración de cualquier fármaco, suero intravenoso, transfusión de sangre o derivados, aún sin antecedentes previos.
- Dificultad respiratoria** moderada o severa. Más probable en pacientes con antecedentes de patología pulmonar o torácica, obesos, enfermedades neuromusculares, etc.
- Neumotórax**. Entrada de aire en la cavidad pleural consecuente a la ventilación mecánica, canalización de vía venosa central o abordaje de plexo nervioso.
- Complicaciones cardiocirculatorias** imprevisibles: arritmias, insuficiencia cardíaca, infarto agudo de miocardio, taponamiento o parada cardíaca, crisis hipertensiva, trombosis venosa, embolismo pulmonar masivo. Puede avocar en desenlace fatal o dejar secuelas en órganos y sistemas.
- Lesión nerviosa central** (medular o encefálica) o **periférica** (raíces, troncos o nervios terminales), secundarias a hematomas, infecciones, posición intraoperatoria o trauma directos por la aguja de punción. Estas lesiones pueden ser transitorias o permanentes, con parálisis total o parcial, o pérdida de la sensibilidad de uno o mas miembros.
- Meningismo** (rigidez de cuello, cefalea y febrícula). **Meningitis**. Dolor de cabeza o de espalda. Dificultad para orinar. Consecuente a técnicas epidurales o intradurales.
- Reacción febril aguda** y severa, inesperada de causa no infecciosa: Hipertermia Maligna con resultado de muerte.
- Rotura o lesiones** en cuerdas vocales, piezas dentarias, úlceras corneales, pérdida de la visión
- Otros:** Náuseas. Vómitos. Escalofríos. Cefaleas. Dolores Musculares. Dificultad o Retención Urinaria. Flebitis, Hematoma, etc.

Consentimiento

Reconozco que he leído y entendido esta información y que he podido recabar cualquier aclaración de los médicos Anestesiólogos.

Por el presente documento autorizo a los componentes del Servicio de Anestesiología y Reanimación del Hospital Fremap para la administración de la técnica anestésica que consideren mas adecuada.

En Majadahonda-MADRID, a ____ de _____ de _____

Nombre y firma del paciente o tutor
DNI _____

Nombre y firma de médico Anestesiólogo
DNI _____

Revocación

Conforme a los derechos establecidos en la ley 41/2002, de 14 de noviembre, básica reguladora de la autonomía del paciente y de derechos y obligaciones en materia de información y documentación clínica.

Paciente D/Dª
con DNI: y domicilio en de
CP:, mayor de edad y en plenas facultades. O en su lugar
los representantes legales del paciente, D
con DNI: Revoca la autorización al Servicio de Anestesiología y Reanimación del
Centro de Rehabilitación y Prevención FREMAP, para la administración del método anestésico, firmada
en Majadahonda, con fecha de de de 20

Firmado en Majadahonda, a de De 20

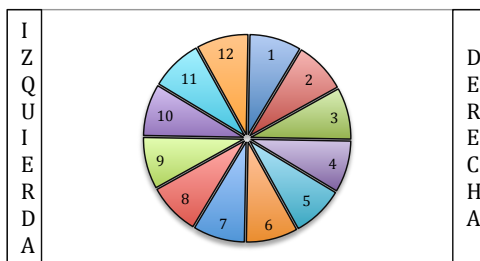
Fdo.: Médico Anestesiólogo	Fdo.: Paciente o tutor (Nombre, Apellidos y DNI)

ANEXO 2: HOJA DE RECOGIDA DE DATOS

PEGATINA DE IDENTIFICACIÓN

Fecha _____

1. Datos demográficos: Edad Sexo Peso Talla IMC
2. Intervención Quirúrgica: _____
3. Identificación elementos vasculares: ARTERIA VENA
4. Visualización de los fascículos:
 - a. LATERAL POSTERIOR MEDIAL
 - b. UNA Ventana DOS Ventanas TRES Ventanas
5. Disposición Sonográfica de los Fascículos



6. Medición profundidad fascículos desde la piel (calibre ecográfico)

F. LATERAL _____ F. POSTERIOR _____ F. MEDIAL _____

7. Respuestas a la Neuroestimulación

- a. Fascículo lateral
- b. Fascículo posterior
- c. Fascículo medial

8. Solución anestésica elegida:

- a. Mepivacaina 1.5%
- b. Mepivacaina 1.5% + Bupivacaina 0.125%
- c. Mepivacaina 1% + Bupivacaina 0.25%

9. Volumen inyectado (máximo 20ml): _____ml

10. Estimación Bloqueo Sensitivo. (Compresa empapada en alcohol).

- a. Región lateral antebrazo = Nervio Musculocutáneo
- b. Zona volar pulgar = Nervio Mediano
- c. Cara lateral dorso mano = Nervio Radial
- d. Zona volar 5º dedo = Nervio Cubital

Puntos: 0 = percibe tacto y frio. 1 = percibe tacto, No frio

2 = No percibe ni tacto ni frio

11. Valoración Bloqueo Motor. Exploración de movimientos:

- a. Flexión del Codo = N. Musculocutáneo
- b. Abducción del Pulgar = N. Radial
- c. Oponente del Pulgar = N. Mediano
- d. Aducción del Pulgar = N. Cubital

Puntos: 0 = No bloqueo; 1 = Paresia; 2 = Parálisis

12. Resultado del Bloqueo:

- a. Apto para cirugía: 14 puntos, con bloqueo sensorial ≥ 7
- b. No apto o fallido: ≤ 14 puntos con sensorial ≤ 7 puntos

13. Duración Intervención procedimiento: _____ minutos

14. Reversión bloqueo motor. (Según vendajes, escayolas, etc)

- a. Flexión del codo: _____ horas ____ min.
- b. Extensión codo/muñeca _____ horas ____ min.
- c. Flexión muñeca/oponente pulgar _____ horas ____ min.
- d. Aducción pulgar/Flexión 5º dedo _____ horas ____ min.

15. Solicitud primera analgesia por el paciente. _____ horas ____ min.

Fdo: Ejecutor técnica

Fdo: Datos reversión y analgesia